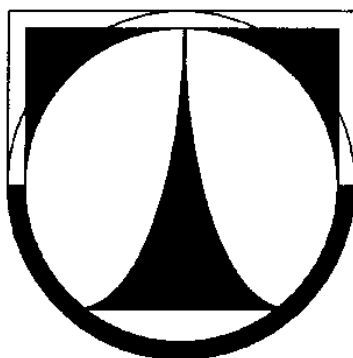


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Ústav zdravotnických studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



2012

Šárka Davidíková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Ústav zdravotnických studií

Studijní program: B 3944 – Biomedicínská technika

Studijní obor: 3901R032 – Biomedicínská technika

**NÁVRH OTEVŘENÉHO PACIENTSKÉHO LŮŽKA PRO
ODDĚLENÍ INTERMEDIÁRNÍ PÉČE**

**DESIGN PROPOSAL OF AN OPEN INFANT BED FOR
INTERMADIARY CARE**

Bakalářská práce

Autor:

Šárka Davidíková

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Šárka Davidíková
Osobní číslo: Z09000003
Studijní program: B3944 Biomedicínská technika
Studijní obor: Biomedicínská technika
Název tématu: Návrh otevřeného patientského lůžka pro oddělení intermediální péče
Zadávající katedra: Ústav zdravotnických studií

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíle práce:

- 1) Provést průzkum používaných otevřených lůžek pro novorozence.
- 2) Na základě zjištěných poznatků navrhnete optimalizaci řešení lůžek s ohledem na provoz intermediální péče o novorozence.

Východiska:

Lůžka používaná na odděleních intermediální péče o novorozence mají technické nedostatky, jejichž důsledky omezují použití moderních podpůrných ventilačních systémů, jako je např. systém Vapootherm. Dále není zajištěno optimální předávání tepelné energie novorozenci a tak bývá narušena termostabilita pacienta. Tyto nedostatky lze odstranit změnou technického řešení lůžka.

Rozsah grafických prací: **např. 10 tabulek a 10 grafů**
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 70 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- 1) ČSN EN 60601-1 1. ed. a všechny její změny
- 2) ČSN EN 60601 2-38
- 3) ČSN EN 60601-1 2. ed. a všechny její změny
- 4) IEC ISO 80601-52
- 5) ČSN EN 1970

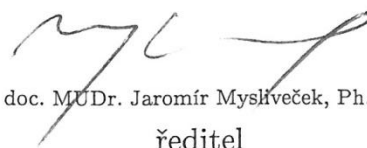
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Kudrna**
Ústav zdravotnických studií

Datum zadání bakalářské práce: **15. září 2010**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2012**

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
rektor



doc. MUDr. Jaromír Mysliveček, Ph.D.
ředitel



V Liberci dne 30. listopadu 2010

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – Školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci, dále jen TUL, nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro svou vnitřní potřebu.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL. V tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

V

Liberci

dne

24.4.2012

Daudinac

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Petru Kudrnovi za odborné vedení mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat zdravotním sestrám z Dětského oddělení Krajské nemocnice Liberec, a. s., a zdravotním sestrám z Intermediárního oddělení Gynekologicko-porodnické kliniky Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, jejichž připomínky mi velmi pomohly při tvorbě návrhu lůžka.

Dále chci poděkovat mým rodičům a blízkým za velkou podporu nejen během mého studia na Technické univerzitě v Liberci.

Anotace

Jméno a příjmení autora: Šárka Davidíková

Institute: Technická univerzita v Liberci

Název práce: Návrh otevřeného patientského lůžka pro intermediární péči

Vedoucí práce: Ing. Petr Kudrna

Počet stran: 63

Počet příloh: 4

Rok obhajoby: 2012

Souhrn:

Tato práce se zabývá otevřenými vyhřívanými lůžky pro novorozence. Přibližuje problematiku neonatologické intermediární péče a terapeutických přístrojů, pro jejichž provoz jsou využívána otevřená vyhřívaná lůžka. Hlavní část práce se věnuje zjištění a popsání technických nedostatků lůžek, které vedou například ke zhoršenému předávání tepelné energie novorozenci a omezenému použití systémů podpůrné plicní ventilace. Zde se jedná konkrétně o systém VapoTherm 2000i. Výstupem práce je optimalizovaný návrh technického řešení vyhřívaného novorozeneckého lůžka a návrh držáku patientského okruhu podpůrné plicní ventilace VapoTherm 2000i.

Klíčová slova: Vyhřívané lůžko

Podpůrná plicní ventilace

VapoTherm

Neonatologie

Annotation

Name and surname: Šárka Davidíková

Institution: The Technical University of Liberec

Title: Design Proposal of an Open Infant Bed For Intermediary Care

Supervisor: Ing. Petr Kudrna

Pages: 63

Addenda: 4

Year: 2012

Summary:

The issue of this thesis are the open heated patient beds for infants. The first part is focused on the neonatology intermediary care in global. It also summarizes various therapeutic devices that are used in conjunction with the beds. The main part is dedicated to identifying and describing the technical disadvantages of the beds which are now commonly in use. These disadvantages can for example deteriorate infant's heat exchange or make use of the systems for non-invasive ventilatory support difficult. The outcome of this thesis is a design proposal of a new open heated patient bed for infants and a design proposal of an optimized holder for the high flow oxygen therapy Vapotherm 2000i.

Key words: Warmer bed

Ventilatory support

Vapotherm

Neonatology

Obsah

Seznam tabulek	10
Seznam obrázků	10
1. Úvod.....	12
2. Charakteristika neonatologické intermediární péče.....	13
2.1 Oddělení intermediární péče	13
2.2 Nejčastější zdravotní komplikace novorozenců v intermediární péči	14
2.2.1 Syndrom respirační tísně	14
2.2.2 Neonatální apnoe	14
2.2.3 Novorozenecká hyperbilirubinémie.....	15
2.2.4 Termolabilita.....	16
3. Terapeutické přístroje využívané v intermediární péči.....	17
3.1 Podpůrné ventilační systémy	17
3.1.1 Vysokoprůtoková zvlhčená nasální kanyla.....	17
3.1.2 CPAP - Continuous Positive Airway Pressure	19
3.2 Fototerapeutická lampa.....	20
3.3 Doplnkové tepelné zdroje lůžka	22
3.3.1 Výchřevná podložka	22
3.3.2 Tepelný zářič.....	22
4. Srovnávaná lůžka	23
4.1 Lůžko LN-91.....	23
4.2 BabyTherm 4200	25
4.3 BabyTherm 8010	26
4.4 Srovnání základních charakteristik lůžek	28
5. Postupy zjišťování technických nedostatků lůžek pro IMO	29

5.1 Průzkum používaných vyhřívaných lůžek pro novorozence	29
5.1.1 Rozhovor.....	29
5.1.2 Elektronický dotazník	29
5.1.3 Výsledek průzkumu	30
5.1.4 Závěr průzkumu	33
5.2 Termografie	34
5.2.1 Průběh měření	34
5.2.2 Výsledek termografie.....	35
5.2.3 Závěr termografie	36
6. Návrh technického řešení lůžka a jeho jednotlivých částí	37
6.1 Základní popis navrženého lůžka	37
6.2 Popis jednotlivých částí	39
7. Návrh držáku podpůrného ventilačního systému Vapootherm.....	42
7.1 Měření minimálního přípustného poloměru ohnutí	42
7.1.1 Průběh měření	42
7.1.2 Závěr měření	44
7.1.3 Návrh řešení problematiky zalamování hadice Vapootherm.....	45
7.2 Návrh technického řešení držáku.....	46
8. Diskuze návrhu technického řešení lůžka a jeho součástí	48
9. Závěr	50
Přílohy k bakalářské práci.....	53
Příloha 1: Dotazník	54
Příloha 2: Výkres lůžka.....	61
Příloha 3: Výkres držáku patientského okruhu systému Vapootherm	62
Příloha 4: Výkres plastové úchytky	63

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Stupně zralosti novorozenců	13
Tabulka 4.1 Parametry lůžka LN-91	24
Tabulka 4.2 Parametry lůžka BabyTherm 4200	26
Tabulka 4.3 Parametry lůžka BabyTherm 8010	27
Tabulka 4.4 Porovnání lůžek	28

Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Vysokoprůtokový nasální systém VapoTherm	18
Obrázek 3.2 Průřez hadice VapoTherm	18
Obrázek 3.3 Lampa neoBLUE™ s modrými LED diodami	20
Obrázek 4.1 Lůžko LN-91	23
Obrázek 4.2 Lůžko BabyTherm 4200.....	25
Obrázek 4.3 Lůžko BabyTherm 8010	26
Obrázek 5.1 Termogram lůžka BabyTherm 4200	35
Obrázek 5.2 Termogram vaničky s výhřevnou podložkou.....	35
Obrázek 5.3 Tepelné spektrum klasického lůžka s výhřevnou podložkou.....	36
Obrázek 6.1 Návrh technického řešení lůžka neonatologické intermediární péče	37
Obrázek 6.2 Rozměry ložné plochy lůžka	39
Obrázek 6.3 Postranní bočnice	40
Obrázek 6.4 Úchytka pro vodiče	40
Obrázek 6.5 Zásuvka s odkládací plochou	41
Obrázek 7.1 Originální trojlumenová hadice VapoTherm.....	42
Obrázek 7.2 Zalomení v místě plastické deformace při poloměru ohnutí 90 mm.....	43
Obrázek 7.3 Zalomení v místě plastické deformace při poloměru ohnutí 100 mm.....	43

Obrázek 7.4 Vlevo po upevnění hadice do polohy, vpravo po uplynutí 60 minut	44
Obrázek 7.5 Průřez hadice Vapootherm	45
Obrázek 7.6 Návrh změny průřezu hadice Vapootherm.....	45
Obrázek 7.7 Návrh držáku hadice Vapootherm.....	46
Obrázek 7.8 Plastová úchytka hadice	46
Obrázek 7.9 Upevnění držáku	47
Obrázek 7.10 Upevnění držáku u levé strany lůžka	47
Obrázek 7.11 Upevnění držáku u pravé strany lůžka	47

1. Úvod

Intermediární oddělení představuje druhý ze tří stupňů oboru neonatologie. Zahrnuje péči o děti, které se po porodu zcela neadaptovaly na vnější prostředí. Významnou úlohu v intermediární péči mají otevřená vyhřívaná lůžka, která zajišťují bezpečné uložení novorozence v termoneutrálním prostředí. Lůžka jsou uzpůsobena pro monitoraci základních životních funkcí a uchycení terapeutickým přístrojů, jako jsou například fototerapie a podpurná plicní ventilace. Otevřená vyhřívaná lůžka jsou určena pro zajištění intermediární péče o novorozence, mohou však být využívána i jako lůžka operačních a porodních sálů. Běžné je i jejich využití jako vyšetřovacích lůžek na oddělení fyziologických novorozenců.

Navzdory rychle postupujícímu vývoji lékařských přístrojů, jsou v klinickém provozu používána zastaralá lůžka, která neodpovídají dnešním standardům. Mají technické nedostatky, v jejichž důsledku je omezeno použití moderních podpurných ventilačních systémů. Dále pak není zajištěno optimální předávání tepelné energie novorozenci, což může narušit stabilitu jeho tělesné teploty. Naproti tomu jsou na trhu moderní sofistikovaná lůžka, která plně vyhovují potřebám pacientů a provozu oddělení intermediární péče. Jejich velkou nevýhodou je ale pořizovací cena, která se často blíží pořizovací ceně inkubátoru. V důsledku toho jsou zastaralá lůžka nahrazována novými v delším časovém horizontu.

Cílem této práce je vytvořit návrh vyhřívaného novorozeneckého lůžka, které bude splňovat podmínky pro zajištění kvalitní intermediární péče a zároveň bude ekonomicky přijatelné. Pro vytvoření optimalizovaného návrhu je třeba provést průzkum stávajících lůžek a zjistit jejich technické nedostatky. Dále je potřebné seznámit se blíže s problematikou intermediární péče a zhodnotit význam jednotlivých částí a funkcí lůžka pro zajištění této péče.

2. Charakteristika neonatologické intermediární péče

2.1 Oddělení intermediární péče

Oddělení neonatologické intermediární péče představuje mezistupeň mezi jednotkou intenzivní péče a oddělením fyziologických novorozenců. Pro možnost bližší specifikace pacientů hospitalizovaných na tomto oddělení je třeba uvést dělení rizikových novorozenců. Jejich klasifikace vychází ze dvou základních charakteristik: gestační věk a porodní hmotnost. Současně podle porodní hmotnosti a gestačního věku určujeme stupeň zralosti nedonošeného novorozence, viz tabulka 2.1. Tento stupeň vyjadřuje míru vyvinutí jednotlivých orgánů a schopnost dítěte prosperovat mimo dělohu. Nejvýznamnější vliv na míru zralosti má délka těhotenství. Čím nižší je týden gestace v době porodu, tím horší je prognóza adaptace novorozence.[1]

Tabulka 2.1 Stupně zralosti novorozenců [1]

Stupeň nezralosti	Týden gestace	Hmotnost [g]
Extrémně nezralý	< 28	500 - 999
Těžce nezralý	< 32	1000 - 1499
Středně nezralý	< 34	1500 - 1999
Lehce nezralý	< 38	2000 - 2499

Intermediární péče řeší patologické a nezralostní stavy novorozenců od 32. týdne gestace, kteří nevyžadují hospitalizaci na jednotce intenzivní péče. Jsou to novorozenci, kteří se po porodu neadaptovali zcela ideálně. Do této skupiny patří:

- Středně nezralí novorozenci s porodní hmotností nad 1500 g (tabulka 2.1)
- Hypotrofické děti s hmotností neodpovídající jejich gestačnímu věku
- Přenášení novorozenci
- Děti z JIP a ARO, které již nevyžadují ventilační podporu a mají stabilizované životní funkce
- Děti vyžadující distenzní terapii
- Hypotermičtí novorozenci
- Novorozenci, u kterých je nutné monitorovat některé životní funkce
- Novorozenci vyžadující výživu sondou

Kritéria pro umístění novorozence na oddělení intermediární péče nejsou přesně stanovena a každé neonatologické pracoviště se řídí svými zvyklostmi s ohledem na vybavenost jednotlivých oddělení. Každý případ je posuzován individuálně.[1]

2.2 Nejčastější zdravotní komplikace novorozenců v intermediární péči

O jednotlivých onemocněních novorozenců hospitalizovaných na tomto oddělení lze obecně říci, že mají spíše lehčí průběh.

2.2.1 Syndrom respirační tísně

Syndrom respirační tísně neboli RDS postihuje velké množství nedonošených novorozenců. Odborný časopis Sestra pro praxi uvádí, že se vyskytuje až u 90 %. [2] Platí předpoklad, že čím těžší je nezralost dítěte, tím těžší je průběh RDS. Na intermediární oddělení se umísťují pouze novorozenci s méně závažným průběhem RDS. Je nutno zmínit, že na některých neonatologických odděleních jsou děti s tímto onemocněním hospitalizovány výhradně na jednotkách intenzivní péče.

RDS je komplexní onemocnění plicní tkáně, jehož příčinou je především nedostatek surfaktantu neboli antiatelektatického faktoru. Surfactant je lipoprotein, který vytváří na vnitřním povrchu alveolů velmi tenkou vrstvu. Snižuje povrchové napětí alveolární výstelky a brání tak kolabování alveolů na konci výdechu. Tato látka je v dostatečném množství produkována až od 35. gestačního týdne a její nedostatek vede ke vzniku kolabovaných nevzdušných alveolů (atelektáz) na konci každého výdechu. Takto postižený novorozenec je při každém novém vdechu nucen vynaložit úsilí rovnající se prvnímu vdechu, což ho velmi vyčerpává. Mimovolná snaha o zabránění kolapsu alveolů vede k dyspnoí a následné hypoxii. [1] [3] [4]

2.2.2 Neonatální apnoe

Apnoe neboli apnoická pauza je vymizení spontánní dechové aktivity na dobu delší než 20 sekund. Může být doprovázeno bradykardií a sníženou saturací krve kyslíkem. Ke vzniku apnoe nejčastěji vede nezralost novorozence, dále infekce, srdeční selhání, anémie a další. Při výskytu apnoických pauz je velmi důležité monitorovat saturaci a zajistit termoneutrální prostředí. K léčbě méně častých apnoických pauz postačí jemná taktilní stimulace. Při zvyšování frekvence četnosti pauz se přistupuje k distenzní terapii nCPAP – nasal Continuous Positive Airway Pressure a podávání coffeinu. [1] [5]

2.2.3 Novorozenecká hyperbilirubinémie

neboli novorozenecká žloutenka se řadí mezi nejčastější poporodní onemocnění a postihuje až 50 % donošených a 80 % nedonošených novorozenců. Vzniká v důsledku zvýšené hladiny konjugovaného bilirubinu v krvi nad 25,7 $\mu\text{mol/l}$, nebo nekonjugovaného bilirubinu nad 240 – 250 $\mu\text{mol/l}$. [6]

Bilirubin je odpadní produkt vzniklý metabolismem červeného krevního barviva hemu. Nejprve vzniká ve slezině tzv. nekonjugovaný bilirubin, který je nerozpustný ve vodě. Poté je jaterní buňkou přeměněn na bilirubin konjugovaný, který je ve vodě rozpustný. Ten pak spolu se žlučí odchází do tenkého střeva a zapříčiňuje hnědé zbarvení stolice. U zdravého dospělého člověka se takto bilirubin dostane ven z těla. Střevo novorozence ale obsahuje specifický enzym beta-glukuronidázu, který přeměňuje bilirubin konjugovaný zpátky na nekonjugovaný. Ten se přes střevní stěnu dostává do krve a zpátky do jater. Játra novorozence jsou tak více zatěžována a vzniká viditelné žluté zbarvení kůže, sliznic a očního bělma. U novorozence se ikterus klinicky projevuje při hodnotách bilirubinu 68–85 $\mu\text{mol/l}$. Podle hladiny koncentrace rozdělujeme hyperbilirubinémii na fyziologickou a patologickou. [1] [7]

Fyziologická novorozenecká žloutenka

Fyziologická žloutenka je časté poporodní onemocnění novorozenců. Maximální hodnota celkového bilirubinu se pohybuje kolem hodnoty 240 $\mu\text{mol/l}$, objevuje se pátý den po porodu a poté spontánně klesá. Toto onemocnění zapříčiňuje řada faktorů, například nevyzrálé jaterní enzymatické funkce, smolka obsahující velké množství bilirubinu a její prodloužená pasáž střevem, zvýšené postnatální odbourávání erytrocytů, rozklad spolykané krve při porodu a další. Pro léčbu fyziologické žloutenky se využívá fototerapeutických účinků UV-A světla.

Patologická novorozenecká žloutenka

Patologická žloutenka se objevuje v prvních 24 hodinách života novorozence. Typickým projevem je rychlý vzestup hladiny celkového bilirubinu o více než 80 $\mu\text{mol/l}$ za den. Při hodnotách celkového bilirubinu nad 430 $\mu\text{mol/l}$ hrozí vznik bilirubinové encefalopatie neboli jádrového ikteru. Hlavní nebezpečí tohoto onemocnění tkví v možnosti akumulace nekonjugovaného bilirubinu v nervových buňkách bazálních ganglií a mozkového kmene. Fyziologicky se volný nekonjugovaný

bilirubin váže na protein krevní plasmy albumin. Při velké koncentraci bilirubinu v krvi dojde k přesycení albuminu a volný bilirubin může projít přes poškozenou hemato-encefalickou bariéru do mozkových jader. K vývoji tohoto onemocnění vede sepsa, acidóza, předčasný porod, asfyxie, intrakraniální krvácení, hypoxie, hypoalbuminémie a další. Bilirubinová encefalopatie se projevuje apatičností a tonickými křečemi. V konečném stadiu může dojít ke snížení inteligence či demenci. Při patologické žloutence je vždy nutná léčba pomocí fototerapie. V těžších případech se indikuje výměnná transfúze. [1] [5] [6] [7]

2.2.4 Termolabilita

Nedonošený novorozenec nemá plně vyvinutou termoregulaci a poměrně dlouhou dobu po porodu není schopen udržet si stabilní teplotu. Termolabilita nezralých novorozenců má mnoho příčin. Mezi nejvýznamnější se řadí všeobecně nižší termogeneze na jednotku objemu těla v důsledku sníženého bazálního metabolismu. Přispívá k tomu i nedostatečné vyvinutí kosterní svaloviny a řídících struktur CNS. Ty dohromady tvoří neuromuskulární aparát, který je důležitý při mimovolné třesové termogenezi. Další příčinou termolability novorozence je velký povrch těla ve srovnání k malému objemu. Uvádí se, že tento poměr je u novorozence s hmotností kolem 1500 g přibližně 4× větší než u dospělého člověka. Významným orgánem termogeneze novorozenců je hnědý tuk, nalézající se v podkoží mezi lopatkami a v oblasti aorty. Jeho metabolismem vzniká teplo. Tento způsob termogeneze se nazývá netřesový a pro novorozence představuje až 10 % celkové produkce tepla. Nezralý novorozenec má hnědého tuku velmi málo, tím je značně snížena jeho schopnost udržet si stálou teplotu. Dalšími příčinami termolability jsou: tenká tuková vrstva, nezralá pokožka propouštějící teplo a vlhkost ve větší míře a neschopnost reagovat na chlad vazokonstrikcí. V důsledku těchto příčin je nezralý novorozenec vystaven nebezpečí přehřátí nebo podchlazení. Přehřátí nastává při zvýšení tělesné teploty nad 37,5°C a může způsobit apnoické pauzy či tachykardii. Podchlazení znamená klesnutí tělesné teploty pod 35,5°C a stejně jako přehřátí je spojeno s vážnými následky. [1] [3] [8]

3. Terapeutické přístroje využívané v intermediární péči

Na oddělení intermediární péče se používají také diagnostické a terapeutické přístroje. Pro zajištění novorozence během léčby pomocí těchto přístrojů jsou využívána otevřená vyhřívaná lůžka.

3.1 Podpůrné ventilační systémy

Velmi důležitou součástí neonatologické intermediární péče jsou podpůrné ventilační systémy, které významně zlepšují oxygenaci a snižují dechovou práci novorozenců s nezralou plicní tkání. Podmínkou pro jejich indikaci je vlastní spontánní dechová aktivita pacienta. Důvodem zahájení této terapie jsou plicní onemocnění, například syndrom respirační tísně a apnoické pauzy. Dále se často využívají při přechodu z umělé plicní ventilace.

Nezbytnou funkcí systémů podpůrné plicní ventilace je účinné zvlhčování ventilační směsi plynů. Důvodem je fakt, že medicínální plyny, distribuované v rozvodech plyných médií, jsou velmi suché. Pro dlouhodobě ventilovaného pacienta to znamená značné dráždění sliznice dýchacích cest. Zvlhčovací systém tento zásadní fakt minimalizuje a zároveň kompenzuje ztráty vody sliznicí, nezralou kůží a působením tepelného zářiče či fototerapie. Díky těmto charakteristikám je podpůrná plicní ventilace šetrnější k plicní tkáni a může vést následně k poklesu výskytu chronického plicního onemocnění.

Další výhodou podpůrné ventilace je neinvazivní podávání ventilační směsi plynů. Oproti klasické UPV je možné ventilovat bez použití endotracheální trubice. Také z tohoto důvodu je systémům podpůrné plicní ventilace přičítáno významné snížení průměrného počtu dní, po které je pacient připojen na ventilátor. [9] [10]

3.1.1 Vysokoprůtoková zvlhčená nasální kanyla

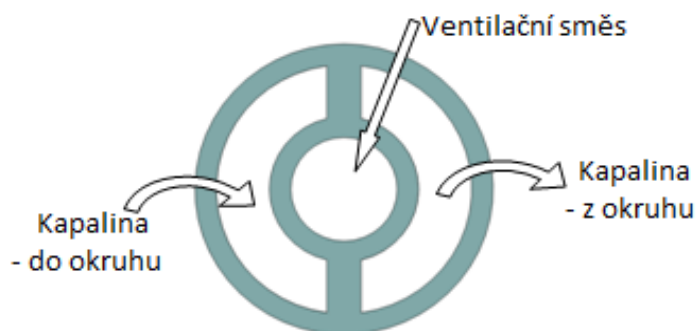
Vapotherm 2000i

Systém Vapotherm 2000i (Vapotherm, Inc., Long Canoe Circle, Stevensville, USA) umožňuje regulovatelné podávání ohřátého a zvlhčeného vzduchu přes nasální kanylu. Teplota je nastavitelná v rozsahu 33 – 43°C a relativní vlhkost může dosáhnout téměř 100%. Průtok se pohybuje v rozmezí 1 - 40 l/minutu. Pro zajištění podpůrné ventilace novorozence je dostatečný průtok 1 – 8 l/minutu. [11]



Obrázek 3.1 Vysokoprůtokový nasální systém VapoTherm [11]

Důležitou součástí přístroje je **cartridge s filtrační membránou**, ve které probíhá sycení vzduchu/kyslíku vodními parami. Membrána se skládá z dutých vláken s průřezem o průměru do 10^{-5} mm. Díky tomu membrána propouští molekuly vodních par a zároveň efektivně blokuje průchod bakterií z vodního okruhu do ventilační směsi plynů. Přívod ohřátého a zvlhčeného vzduchu k pacientovi zabezpečuje **trojlumenová hadice**, jejíž průřez je vyobrazen na obrázku 3.2. Středovým lumenem proudí ventilační směs dýchacích plynů. Dvěma postranními lumeny koluje teplá voda, která udržuje požadovanou teplotu dýchacího plynu a minimalizuje kondenzaci vody na stěnách hadice. [11]



Obrázek 3.2 Průřez hadice VapoTherm

Účinkem podpůrné ventilace Vapotherm je snížení dechové práce při inspiriu. Při průtoku větším než 1 l/minutu se v dýchacích cestách nezralého novorozence vytváří pozitivní tlak na konci výdechu neboli PEEP - Positive End-Expiratory Pressure. To má za následek zvětšení objemu funkční reziduální kapacity plic (objem na konci výdechu) nad uzavírací objem (objem, při kterém se pro nedostatek surfaktantu uzavírají alveoly plic nezralých novorozenců, viz kapitola 2.2.1). Díky tomu nedochází ke kolabování alveolů. Novorozenec tak při následujícím nádechu nemusí vynakládat zvýšené úsilí pro znovuotevření kolabovaných alveolů. Dalším účinkem nasálního systému Vapotherm je výměna expirovaného vzduchu v nasopharyngeální části anatomického mrtvého prostoru za ventilační směs medicínálních plynů. Anatomický mrtvý prostor je prostor dýchacích cest, který je ventilován, ale neúčastní se vlastní výměny plynů mezi vzduchem a kapilárami. Zahrnuje objem celých dýchacích cest mimo alveoly. Výměna expirovaného vzduchu za dýchací plyn, která probíhá během expiria, má za následek efektivnější oxygenaci. Pro tyto účinky je systém Vapotherm využíván jako podpůrná ventilace při syndromu respirační tísně, apnoických pauzách a dalších chronických plicních onemocněních. Vysoká relativní vlhkost dýchacího plynu a jeho teplota odpovídající tělesné teplotě novorozence mají za následek šetrnou ventilaci. I přes vysoký průtok plynu nedochází k poškození a vysušování tkáně dýchacích cest. Díky aplikaci přes nasální kanylu je novorozenec méně stresován, úměrně tomu se snižuje potřeba tlumení pomocí léků. Další výhodou je možnost kojení během terapie. Nevýhodou systému Vapotherm je absence monitorace hodnoty PEEP v dýchacích cestách. [11] [12]

3.1.2 CPAP - Continuous Positive Airway Pressure

CPAP neboli Continuous Positive Airway Pressure je podpůrný ventilační režim s řízeným složením ventilační směsi medicínálních plynů. Systém CPAP je velmi podobný systému vysokoprůtokové zvlhčené nasální kanyly Vapotherm. Patří mezi distenzní terapie, které udržují trvalý pozitivní přetlak na konci výdechu, tzv. PEEP, v plicních alveolech a tím brání jejich kolapsu. PEEP je určován velikostí průtoku ventilační směsi patientským okruhem. Velikost jeho hodnoty závisí na stavu plic pacienta, typicky se pohybuje v rozmezí 3-6 cmH₂O. Zároveň lze pomocí CPAP měnit hodnotu parciálního tlaku O₂ v alveolách a tím ovlivnit kyslíkový gradient na alveolo-kapilární membráně, který určuje celkovou oxygenaci organismu.

V samotném důsledku umožňuje provoz CPAP podávat ventilační směs plynů s nižší koncentrací O_2 , čím je mírněno riziko vzniku novorozenecké retinopatie.

Při CPAP terapii je nutné kontinuální sledování vitálních funkcí pacienta. Monitorování saturace SpO_2 je nezbytným standardem. Klinicky se systém CPAP využívá v případě diagnostiky apnoických pauz, syndromu respirační tísně a nízké spontánní dechové aktivity novorozence. Dále se k této terapii přistupuje při z umělé plicní ventilace

Provoz a nastavení režimu CPAP v současné době umožňuje většina konvenčních ventilačních přístrojů nebo různé varianty CPAP přístrojů. K aplikaci CPAP se používá speciální nazální kanyla nebo maska. V České republice jsou využívány například přístroje Infant Flow (CPAP generován kontinuálním průtokem) či SiPAP (CPAP s bifázickým režimem, kdy jsou pomocí variabilního průtoku generovány tlakové špičky, které mají protektivní účinek v případě apnoe). [3] [9] [10]

3.2 Fototerapeutická lampa

Fototerapeutická lampa je přístroj pro léčbu novorozenecké hyperbilirubinémie. Využívá léčebný efekt elektromagnetického záření o $\lambda = 425 - 475$ nm, které odpovídá modrému světlu. Záření o této vlnové délce je nejbližší absorpčnímu spektru bilirubinu.



Obrázek 3.3 Lampa neoBLUE™ s modrými LED diodami [13]

Fototerapeutická lampa může být součástí některých sofistikovanějších lůžek pro intermediární péči, nebo tvořit samostatný mobilní modul, viz obrázek 3.3. Nepříliš časté je provedení ve formě podložky umístěné na lůžku pod dítětem.

Součástí přístroje zpravidla bývá i počítač provozních hodin. Vhodným zdrojem elektromagnetického záření o požadovaných vlnových délkách jsou například halogenidové výbojky. Jejich životnost je pro účely fototerapie řádově v tisících hodin. Mezi výhody halogenidových výbojek patří vysoký biochemický účinek záření na bilirubin a možnost použití jediného zdroje pro lampu. Novějším světelným zdrojem pro fototerapii jsou LED diody, viz lampy na obrázku 3.3, které mají nízkou energetickou náročnost, malé rozměry a malou hmotnost. Jejich hlavní výhodou pro užití v lékařství je produkce pouze velmi malého množství tepla. Mohou tedy být v těsné blízkosti novorozence. Z toho důvodu jsou součástí fototerapeutických přikrývek a matrací.

Léčba pomocí fototerapeutické lampy je založena na fotodegradaci molekuly nekonjugovaného bilirubinu. Ten má nepolární charakter molekuly, v důsledku čehož je nerozpustný ve vodě. Záření z fototerapeutické lampy způsobí fotoexcitaci této molekuly a tím i vznik polární molekuly konjugovaného bilirubinu, který je rozpustný ve vodě. Může být tedy z organismu volně vyloučen močí a stolicí. U zdravých donošených novorozenců se léčba pomocí fototerapie zahajuje při hyperbilirubinémii nad 350 $\mu\text{mol/l}$, u nezralých novorozenců je tato hranice nižší. Délka fototerapie se určuje podle hodnoty bilirubinu v závislosti na stáří novorozence. Před zahájením fototerapie je třeba si uvědomit několik věcí. Fotochemická reakce přeměny nekonjugovaného bilirubinu na konjugovaný probíhá v kůži, proto musí být novorozenec vysvělený. Pro zajištění bezpečnosti a tepelného komfortu dítě umístíme na otevřené vyhřívané lůžko nebo do inkubátoru. Působením modrého světla může dojít k poškození sítnice, proto je nezbytné oči novorozence pečlivě krýt speciálními brýlemi a zajistit je proti sklouznutí. Doporučená vzdálenost fototerapeutické lampy od pacienta je 70 cm u starších a 25 až 30 cm u nových přístrojů. S výjimkou technologie LED je nevýhodou fototerapie produkce tepelné záření, které může narušit tepelný režim lůžka pro intermediární péči či inkubátoru. Proto je nutné během léčby monitorovat teplotu a některé ze základních životních funkcí pacienta. Intenzita tepelného vyzařování se u každého typu přístroje liší, u nových výrobků je obecně nižší. Výrobci se ji snaží potlačovat. Dalším důvodem monitorace je maskování skutečné barvy kůže modrým světlem. Zdravotnický personál tak na první pohled nevidí, zda dítě není cyanotické.

[6] [14] [15]

3.3 Doplnkové tepelné zdroje lůžka

Jedním z hlavních účelů otevřeného vyhřívání lůžka je zajištění termoneutrálního prostředí pro hypotermického novorozence. Mimo vlastního integrovaného tepelného zdroje lůžka jsou pro tento účel využívány také doplňkové zdroje.

3.3.1 Výchřevná podložka

V případě výchřevné podložky je teplo předáváno vedením. Nejčastějším technickým provedením je podložka se zabudovaným elektrickým výchřevným systémem. Součástí tohoto přístroje jsou elektronický tepelný regulátor udržující teplotu dle nastavených parametrů a teplotní senzor, který snímá teplotu pacienta. Méně často se používá podložka ve formě výchřevné vodní matrace.

Podložka se používá především jako doplňkový tepelný zdroj, který lze umístit do novorozenecké vaničky či lůžka. Mezi výhody výchřevné podložky patří: úsporná velikost, snadná mobilita a unifikovaná konstrukce. Díky tomu lze podložku použít ve všech oblastech neonatologické péče. Nevýhodou může být neodpovídající velikost podložky velikosti lůžka.

3.3.2 Tepelný zářič

Jeho tepelné působení je založeno na principu vyzařování tepla do patientského prostoru. V klinické praxi se používá ve dvou provedeních. Jedním je samostatný výchřevný modul, který je mobilní. Na intermediárním oddělení se nejčastěji setkáme s tepelným zářičem, který je součástí otevřeného vyhřívání lůžka.

Zářič je tvořen tepelným zdrojem, který je zpravidla řízen elektronickým regulátorem. Ten udržuje nastavený vyhřívací výkon. Pro bezpečné používání by součástí zařízení měl být i senzor teploty pacienta a kontrolka indikující provoz zářiče. Tepelný zářič umožňuje zajistit tepelnou stabilitu novorozence i při výkonech, které vyžadují maximální přístup k dítěti. Proto je tepelný zářič využíván pro zajištění stálé tělesné teploty novorozenců na porodních sálech. [9]

4. Srovnávaná lůžka

Pro srovnání byla vybrána následující lůžka: LN-91, BabyTherm 4200 a BabyTherm 8010. Jedná se o lůžka používaná na pracovištích, kde byl proveden prvotní průzkum (Intermediární oddělení Gynekologicko-porodnické kliniky Veřejné fakultní nemocnice v Praze a Dětského oddělení Krajské nemocnice Liberec, a.s.).

4.1 Lůžko LN-91

Vyhřívané lůžko pro novorozence LN-91 vyrábí česká společnost Alfamedic. Tato firma byla založena roku 1991. Zaměřuje se na vývoj a výrobu lékařských přístrojů především z oborů gynekologicko-porodnických, chirurgických a rehabilitačních.



Obrázek 4.1 Lůžko LN-91 [16]

V současnosti jsou v nabídce dvě verze. První je LN-91 G s vyhřevným modulem, který je osazen 2 vyhřevnými tělesy, s halogenovým plošným osvětlením a prostorem pro instalaci fototerapie. Druhá verze je LN-91 ECMO, která navíc nabízí možnost volby typu vyhřevného modulu. Ostatní součásti základní sestavy i možnosti příslušenství jsou v obou verzích stejné.

Základní části lůžka jsou následující:

- Centrální stojan
- Tepelný zářič
- Elektronický servoregulátor teploty
- Světelný zdroj
- Polohovatelné lůžko
- Sklápěcí bočnice
- Matrace pacienta bez vyhřívání

Dále má lůžko možnost dokoupení volitelného příslušenství, například vyhřívaná matrace pacienta RD-95, plastový kyslíkový stan o průměru 500 mm pro oxygenoterapii, upínací lištový systém, výškově plynule nastavitelný stojan lůžka se zdvihem 300 mm. [16]

Tabulka 4.1 Parametry lůžka LN-91 [16]

Přístroj:	Třída č. I
Max. příkon přístroje:	1200 W
Bodové osvětlení:	20-35W/ 12V
Výkon topného tělesa:	130 - 600 W
Rozměry V × Š × D:	1900 × 700 × 1050 mm
Pacientský prostor Š × D:	500 × 800 nebo 650 × 800 mm
Výškový posun (příslušenství):	300 mm
Hmotnost:	cca 95 kg

4.2 BabyTherm 4200

Lůžko BabyTherm 4200 je výrobkem německé společnosti Dräger, která vznikla již v roce 1889. Specializuje se na vývoj a výrobu zdravotnické a bezpečnostní techniky. BabyTherm 4200 se v současnosti nevyrábí, přesto je stále součástí přístrojového vybavení některých neonatologických oddělení v České republice.



Obrázek 4.2 Lůžko BabyTherm 4200

Existují dvě základní verze tohoto lůžka. První je provedení s centrálním stojanem, na kterém je zavěšen tepelný zářič s ovládacím displejem a halogenová lampa, viz obrázek 4.2. Jednodušší verze nemá centrální stojan s jeho součástmi. Tepelným zdrojem je zde pouze vestavěné vyhřívání. [17]

Základní části lůžka jsou následující:

- Polohovatelné lůžko
- Vestavěné vyhřívání
- Elektronický servoregulátor teploty
- Matrace bez vyhřívání
- Sklápěcí bočnice
- Závěsné víko

Tabulka 4.2 Parametry lůžka BabyTherm 4200 [17]

Přístroj:	Třída č. I
Max. výkon tepelného zářiče:	600 W
Max. výkon vestavěného vyhřívání:	180 W
Rozměry V × Š × D:	1760 × 555 × 1025 mm
Pacientský prostor Š × D:	490 × 780 mm
Rozsah naklonění:	±20°
Hmotnost:	cca 80 kg

4.3 BabyTherm 8010

Představuje poslední generaci otevřených vyhříváných lůžek od společnosti Dräger. V současnosti prodávané lůžko je dostupné ve třech variantách (8010, 8004 a 8000), které se od sebe liší vybaveností.



Obrázek 4.3 Lůžko BabyTherm 8010 [18]

Základní části lůžka BabyTherm 8010 jsou následující:

- Centrální stojan
- Halogenová lampa
- Tepelný zářič
- Ovládací panel
- Polohovatelné lůžko
- Integrované vyhřívání
- Tepelně vodivá gelová matrace
- Elektronický servoregulátor teploty
- Sklápěcí bočnice
- Systém výškového nastavení lůžka
- Víko pro uzavření lůžka

Verzi 8004 chybí integrované vyhřívání a gelová matrace. Nejméně vybavena je verze 8000, která nemá centrální stojan s tepelným zářičem, halogenovou lampou a ovládacím panelem. Tato verze má jako tepelný zdroj pouze integrované vyhřívání. [18]

Tabulka 4.3 Parametry lůžka BabyTherm 8010[18]

Přístroj:	Třída č. I
Max. výkon tepelného zářiče:	600 W
Max. výkon vestavěného vyhřívání:	160 W
Osvětlení:	9 – 30 W
Pacientský prostor Š × D:	490 × 750
Rozsah naklonění:	20°dolů a 15° nahoru
Hmotnost:	cca 120 kg

4.4 Srovnání základních charakteristik lůžek

Pro snadnou orientaci bylo vytvořeno srovnání základních charakteristik lůžek.

Tabulka 4.4 Porovnání lůžek

Lůžko	LN-91	BabyTherm 4200	BabyTherm 8010
Tepelný zdroj	Tepelný zářič + možnost výhřevné podložky	Vestavěné vyhřívání + možnost tep. zářiče	Tepelný zářič + vestavěné vyhřívání
Pacientský prostor V × Š [mm]	500 × 800 650 × 800	490 × 780	490 × 750
Možnost výškového nastavení	ANO (příslušenství)	ANO	NE
Hmotnost [kg]	cca 95	cca 80	cca 120
Přibližná Cena [Kč]	120 000,00	Není v prodeji	160 000,00 až 270 000,00

5. Postupy zjišťování technických nedostatků lůžek pro IMO

Pro optimální návrh patientského lůžka je důležité provést zhodnocení současného technického řešení lůžek a eliminovat jejich nedostatky. K nalezení prvků, které snižují komfort pacienta či komplikují práci zdravotnickému personálu, byl využit dotazníkový průzkum a termografická měření.

5.1 Průzkum používaných vyhřívaných lůžek pro novorozence

Následující průzkum se týká lůžek pro intermediární péči, která se používají v současné době. Byl prováděn na základě dvou metodik: rozhovor se zdravotními sestrami a elektronický dotazník.

Cílem průzkumu je zmapovat, jaké typy otevřených lůžek se v České republice nejčastěji používají, porovnat je a zjistit jejich technické nedostatky. Dalším cílem je zjištění obecných požadavků na otevřená vyhřívaná lůžka s ohledem na provoz intermediárního pracoviště a zhodnocení významu jejich jednotlivých funkcí.

5.1.1 Rozhovor

Pro seznámení se s problematikou otevřených lůžek pro novorozence a zjištění jejich základních nedostatků byla zvolena metodika výzkumu formou rozhovoru. Respondentkami byly zdravotní sestry z IMO Gynekologicko-porodnické kliniky Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, které pracují s lůžky: Babytherm 4200, Alfamedic LN-91 a vaničkami s vyhřívanými podložkami. Pro získání informací o dalších typech lůžek byl uskutečněn rozhovor také se zdravotními sestrami nJIP Krajské nemocnice Liberec, a.s., kde pro intermediární péči používají následující lůžka: Babytherm 8010, Babytherm 4200 a Alfamedic LN-91.

5.1.2 Elektronický dotazník

Tento dotazník se zabývá problematikou otevřených lůžek z pohledu zdravotnických pracovníků s důrazem na zhodnocení kvality zdravotní péče, komfortu pacienta a manipulace s lůžkem. Průzkum formou elektronického dotazníku byl zvolen z důvodu snadné distribuce elektronickou poštou a jeho relativně snadnému a rychlému vyplnění. Pomocí elektronické pošty bylo kontaktováno několik Neonatologických oddělení v České republice s žádostí o předání dotazníku zdravotnickým pracovníkům, kteří pracují s otevřenými vyhřívanými lůžky.

Dotazník byl sestaven na základě informací získaných při rozhovoru se zdravotními sestrami, které pracují s lůžky pro intermediární péči. Část otázek je zaměřena na potvrzení a rozvedení konkrétních technických nedostatků. Dotazník obsahuje také otázky, které respondentovi dávají prostor pro uvedení dalších problémů lůžka. Otázky se zabývají především problematikou manipulace s lůžkem, přístupu k pacientovi, velikosti lůžka, bezporuchovosti jednotlivých systémů, poplašných alarmů, uchycení podpůrné plicní ventilace, zajištění termoneutrálního prostředí a komfortu pacienta. Některé z otázek byly záměrně formulovány tak, aby byl respondent motivován k rozvinuté odpovědi. Přepracovaná podoba elektronického dotazníku spolu s úvodní zprávou je v příloze č. 1.

5.1.3 Výsledek průzkumu

Výsledky průzkumu byly získány z 19 vyplněných dotazníků a rozhovorů se zdravotními sestrami. Byly zjištěny charakteristiky nejčastěji používaných lůžek, kterými jsou: LN-91 od společnosti Alfamedic, BabyTherm 8010 a BabyTherm 4200 od společnosti Dräger.

Lůžko LN-91

- **Použití:** LN-91 je bezesporu nejčastějším otevřeným vyhřívaným lůžkem pro novorozence. Používá se nejen pro intermediární péči, ale také na jednotkách intenzivní péče, porodních sálech a odděleních fyziologických novorozenců jako vyšetřovací lůžko.
- **Tepelný zdroj:** Z hlediska distribuce tepla bylo lůžko hodnoceno spíše kladně. Podle respondentů zajišťuje termoneutrální prostředí v dostatečné míře i během lékařských zákroků. Tuto skutečnost přikládáme působení tepelného zářiče a možnému doplnění lůžka o vyhřívanou matraci.
- **Velikost lůžka:** Na otázku ohledně velikosti většina respondentů odpověděla (otázka č. 4), že je lůžko jako celek v porovnání s jinými typy dosti velké. Důsledkem je ztížená manipulace při přemísťování a zařazování lůžka do prostorů oddělení. Velikost lůžka se odráží i ve velikosti patientského prostoru, který je pro novorozence zbytečně široký. Někteří zdravotničtí pracovníci ale tuto skutečnost vidí spíše jako výhodu a do lůžka umísťují dvojčata, kterých se v dnešní době umělého oplodnění rodí stále více.

- **Bočnice:** Přestože jsou sklápěcí bočnice tohoto lůžka oproti jiným typům nižší, respondenti jejich výšku hodnotili jako vyhovující (otázka č. 13). Výsledek dotazníku ale ukázal, že funkce sklápění bočnic je u toho lůžka využívána výrazně méně než u ostatních typů (otázka č. 10). Bočnice není třeba sklápět při každém výkonu. Důvodem jsou nízké bočnice, které umožňují dobrý přístup k novorozenci i během rutinního ošetřování. Zdravotní sestry nesouhlasily s tvrzením, že sklápění bočnic u tohoto lůžka výrazně usnadňuje manipulaci s novorozencem (otázka č. 11). Většina dotazovaných pracovníků tuto funkci využívá pouze při příjmu dítěte, resuscitaci a složitějších lékařských výkonech, jako je například zavádění invazivních vstupů.
- **Příslušenství:** Výhodou je podle respondentů dostatek odkládacích ploch a možnost osvětlení lůžka pomocí lampy umístěné na centrálním panelu.

Lůžko BabyTherm 8010

- **Použití:** Je to jedno z nejsofistikovanějších a nejmodernějších otevřených vyhřívaných lůžek. Používá se především na odděleních intermediární a intenzivní péče.
- **Zdroj tepla:** Z hlediska zajištění termoneutrálního prostředí bylo lůžko hodnoceno velmi kladně. Stálou teplotu novorozence udržuje tepelné záření shora, vyhřívání zdola a tepelně vodivá gelová matrace.
- **Velikost lůžka:** Lůžko jako celek nezabere zbytečně mnoho místa a umožňuje snadnou manipulaci při jeho přemísťování. Respondenti se také shodli na tom, že lůžko má ideální velikost pro novorozence.
- **Bočnice:** Odpovědi na otázky týkající se sklápěcích bočnic mají jednoznačný výsledek. Bočnice jsou dostatečně vysoké a jejich sklápění zdravotníkům výrazně usnadňuje práci. Funkci sklápění bočnic zdravotní sestry využívají velmi často.
- **Příslušenství:** Stejně jako u lůžka LN-91 je respondenty kladně hodnocen dostatek odkládacích ploch a možnost osvětlení patientského prostoru. BabyTherm lze navíc přidáním závěsného víka uzavřít a používat jako inkubátor, toho se využívá i při kyslíkové terapii.

Lůžko BabyTherm 4200

- **Použití:** Na rozdíl od lůžek výše hodnocených je BabyTherm 4200 používán výhradně pro zajištění intermediární a méně náročné zdravotní péče.
- **Tepelný zdroj:** Tepelným zdrojem lůžka je integrované vyhřívání. Přesto je BabyTherm 4200 pro zajištění stálé tělesné teploty novorozence na intermediární oddělení naprosto dostačující.
- **Velikost:** S ohledem na provoz oddělení má lůžko vhodnou velikost a při přemísťování s ním lze snadno manipulovat. Dále respondenti shodně uváděli, že lůžko má ideální velikost pro novorozence.
- **Bočnice:** Bočnice lůžek BabyTherm 8010 a BabyTherm 4200 mají vzhledem ke stejnému výrobcí podobné technické řešení. Odpovědi na otázky týkající se sklápěcích bočnic se proto shodují s lůžkem BabyTherm 8010. Podle respondentů funkce sklápění bočnic výrazně usnadňuje manipulaci s novorozencem. Na rozdíl od novějších typů lůžek má BabyTherm 4200 nevhodně umístěný otvor v zadní bočnici pro přívod kabelů k jednotlivým senzorům. Kabely či pacientské okruhy je třeba tímto otvorem protahovat, což je značně diskomfortní. Při přemísťování pacienta je nutno přístroj odpojit.
- **Příslušenství:** Výhodou je možnost snadného přetvoření na inkubátor pomocí závěsného víka. Nevýhodou může být nedostatek odkládacích ploch.
- **Držák podpůrné plicní ventilace:** Jedním ze zjištěných nejzávažnějších nedostatků je absence držáku podpůrné plicní ventilace. Na základě rozhovoru se zdravotními sestrami a vlastním pozorováním bylo zjištěno, že dodatečně přimontované držáky mají často nevhodné technické řešení. To způsobuje zejména zalamování hadice podpůrné plicní ventilace a následné spuštění poplašného alarmu. Konkrétně byl problém zaznamenán u systému VapoTherm. V naprosté většině respondenti odpověděli, že by odmítli používat systém, který zapříčiňuje poplašné alarmy.

Je nutno zmínit, že tento problém se týká i dalších typů vyhříváných lůžek. Nicméně nejčastěji byl pozorován právě u lůžka BabyTherm 4200. Důvodem je pravděpodobně nedostatečné uzpůsobení lůžka pro uchycení pacientského okruhu podpůrné plicní ventilace.

5.1.4 Závěr průzkumu

Na základě průzkumu bylo zjištěno, že nejčastěji používanými lůžky pro intermediární péči jsou LN-91, BabyTherm 8010 a BabyTherm 4200. Kladně bylo hodnoceno především:

- Integrované vyhřívání
- Velikost patientského prostoru odpovídající velikosti novorozence
- Funkce sklápění bočnic
- Polohovatelnost lůžka
- Mobilita lůžka
- Možnost výškového nastavení
- Možnost přetvoření na inkubátor pomocí závěsného víka
- Dostatek odkládacích ploch
- Možnost zabrzdění lůžka
- Možnost uchycení stetoskopu do průchodek pro vodiče

Nejlépe hodnoceno bylo lůžko **BabyTherm 8010**, které se používá i na některých neonatologických jednotkách intenzivní péče. Velkou nevýhodou je jeho pořizovací cena, která se při plné výbavě lůžka přibližuje pořizovací ceně inkubátoru.

Nejllepší poměr mezi cenou a užitnou hodnotou má lůžko **LN-91**, které je kromě intermediární péče dále vhodné pro použití při lékařských zákrocích a na porodních sálech. Nevýhodou lůžka je jeho velikost a z ní vyplývající ztížená manipulace při přemísťování.

Posledním hodnoceným lůžkem byl **BabyTherm 4200**. Toto lůžko je používáno výhradně pro zajištění intermediární a méně náročné péče o novorozence. V současnosti je lůžko stále používáno v klinickém provozu. Nicméně jedná se o zastaralý přístroj, který již nemá technickou podporu ze strany výrobce. Tato lůžka jsou postupně stahována z provozu a nahrazována modernějšími.

5.2 Termografie

Nejzákladnějším požadavkem na lůžko intermediární péče je udržení teplotně stálého a rovnoměrně rozloženého prostředí. Proto vznikla myšlenka zmapovat distribuci tepla u různých typů otevřených lůžek pomocí bezkontaktního měření termokamerou. Měření je založeno na snímání a analýze infračerveného záření, vyzařovaného zkoumaným objektem. Cílem měření bylo porovnat teplotní pole otevřených lůžek s různými typy bočnic a s různými tepelnými zdroji. Dalším cílem měření bylo zmapovat homogenitu teplotního pole těchto lůžek.

5.2.1 Průběh měření

Měření bylo provedeno na Intermediárním oddělení Gynekologicko-porodnické kliniky Všeobecné fakultní nemocnice v Praze neboli GPK VFN. Snímáno bylo spektrum a rozložení teplot následujících otevřených lůžek:

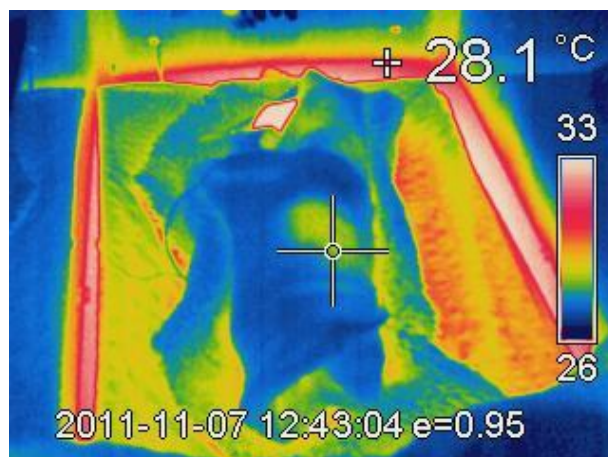
- Otevřené vyhřívané lůžko Babytherm 4200
- Plastová vanička s vyhřevnou podložkou
- Klasické lůžko s vyhřevnou podložkou

Pro snímání teploty kůže bylo třeba rozbalit novorozence ze zavinovačky. Zabalování dětí do přikrývek a používání polohovacích pomůcek (kuličkové polohovací polštáře, podložky, fleecové přikrývky apod.) patří mezi ošetrovatelské postupy Intermediárního oddělení GPK VFN. Podle slov zdravotních sester je takový novorozenec klidný. Přiřítají to většímu teplotnímu komfortu a asociaci s intrauterinním obdobím.

Před měřením byla nastavena předpokládaná emisivita vyzařovaného tělesa na hodnotu $\varepsilon = 0,95$, standardně udávanou velikost emisivity lidské kůže. Tepelné záření bylo snímáno v takovém směru od lůžka, ve kterém se dala předpokládat nejvyšší intenzita vyzařování.

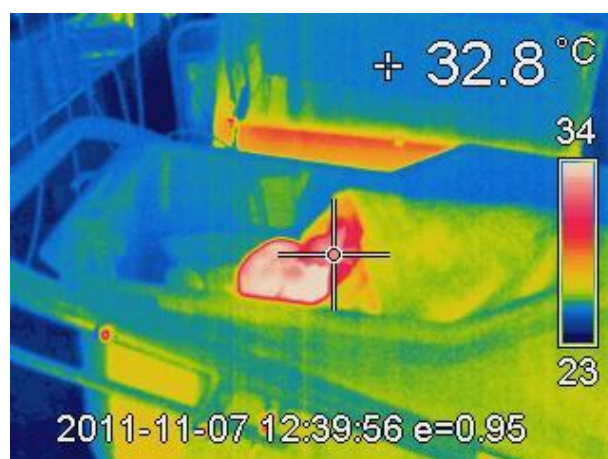
5.2.2 Výsledek termografie

Měřením bylo získáno několik termovizních snímků neboli termogramů. Termogram vizualizuje neviditelné infračervené záření za použití okem viditelných barevných palet, které jednotlivým teplotám přiřazují odpovídající barvu. Pro měření byla použita paleta železo (obrázek 5.1, obrázek 5.2 a obrázek 5.3). Na každém snímku je uvedena teplotní škála, která udává informaci o tepelném rozsahu snímaného objektu a přiřazení barev jednotlivým teplotám.



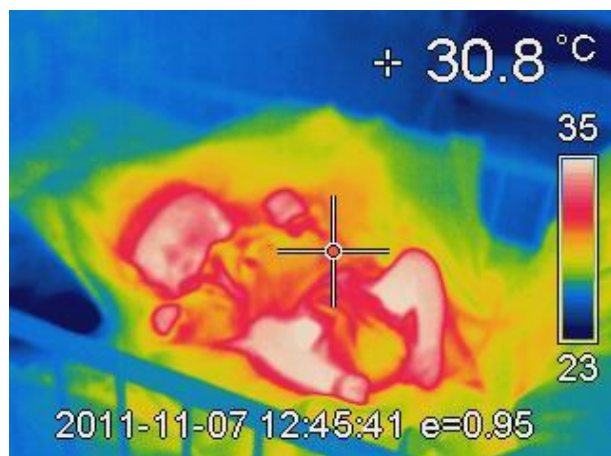
Obrázek 5.1 Termogram lůžka BabyTherm 4200

Na snímku je zobrazeno tepelné spektrum lůžka Babytherm 4200. Lze pozorovat, že intenzita tepelného vyzařování vestavěného vyhřívání je rovnoměrně rozložena. Podle termogramu má ložná plocha teplotu přibližně 33°C.



Obrázek 5.2 Termogram vaničky s vyhřevnou podložkou

Na snímku vidíme tepelné spektrum novorozence umístěného v plastové vaničce s vyhřevnou podložkou. Podle termogramu je intenzita tepelného vyzařování podložky poměrně malá. Důvodem může být neodpovídající velikost podložky velikosti vaničky.



Obrázek 5.3 Tepelné spektrum klasického lůžka s výhřevnou podložkou

Novorozenec na tomto snímku je umístěn v klasickém lůžku s výhřevnou podložkou. Vidíme nerovnoměrné rozložení intenzity tepelného vyzařování výhřevné podložky. Bezprostředně před snímáním byl novorozenec rozbalen ze zavinovačky. Rovnoměrné rozložení tepla na povrchu jeho těla přikládáme právě předchozímu zabalení v zavinovačce.

5.2.3 Závěr termografie

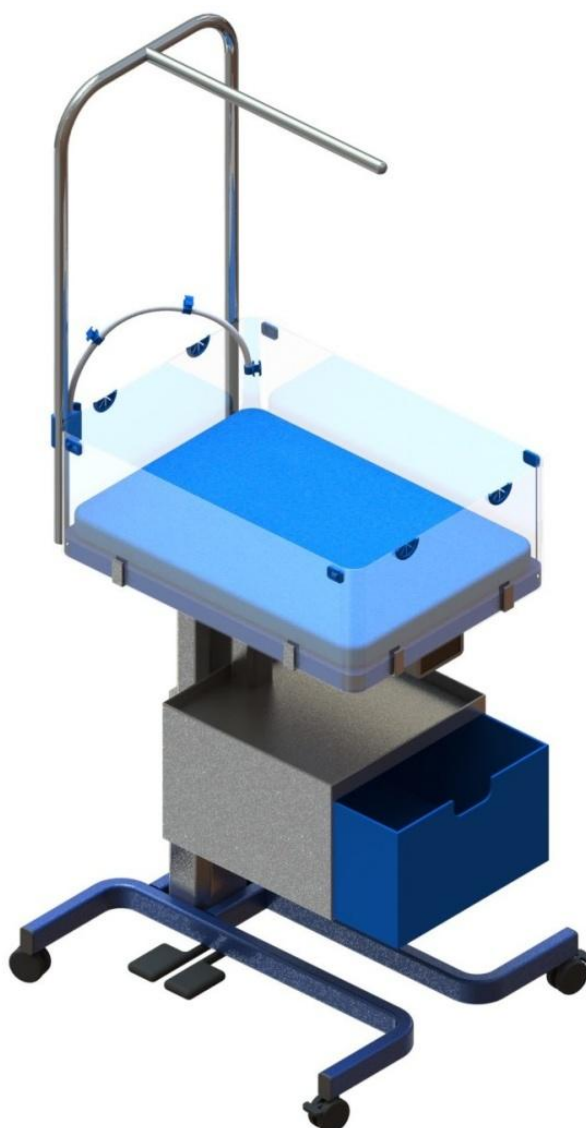
Pomocí termografie bylo zdokumentováno rozložení intenzit tepelného záření lůžka BabyTherm 4200, vaničky s výhřevnou podložkou a klasického lůžka s výhřevnou podložkou. Obrázek 5.1 zachycuje dostatečně rovnoměrné rozložení tepla vyhřívacího zařízení. To má v konečném důsledku velmi pozitivní vliv na zajištění tepelného komfortu pacienta.

Zároveň termogramy poukázaly na fakt, že místem největších tepelných ztrát je oblast hlavy pacienta. Dle provedených orientačních měření lze předpokládat, že umístění novorozence do lůžka s vyššími bočnicemi významně zabraňuje tepelným ztrátám a naopak. Lůžka, která mají bočnice např. obrázek 5.3, ve formě hrazení, nezamezují tepelným ztrátám a jsou pro použití na oddělení intermediární péče nevhodná.

6. Návrh technického řešení lůžka a jeho jednotlivých částí

Návrh optimálního technického řešení vychází z otevřených vyhřívaných lůžek používaných v současné době v perinatologických centrech České republiky. Hlavním účelem návrhu je odstranění zjištěných technických nedostatků, které negativním způsobem ovlivňují průběh léčby pacienta a provoz intermediárního pracoviště. Návrh lůžka je částečně inspirován lůžkem VP07 Alfamedic. Lůžko musí být v souladu s ČSN EN 60601-1-1 ed.2 - Požadavky na bezpečnost zdravotnických elektrických systémů a ČSN EN 60601-2-38 - Zvláštní požadavky na bezpečnost elektrických nemocničních lůžek. [19] [20]

6.1 Základní popis navrženého lůžka



Obrázek 6.1 Návrh technického řešení lůžka neonatologické intermediární péče

Lůžko se skládá z následujících částí:

- Polohovatelné lůžko
- Integrované vyhřívání
- Matrace bez vyhřívání
- Sklápěcí bočnice s průchody pro hadice a propojovací kabely k senzorům
- Ovládací displej
- Systém výškového nastavení ovladatelný pedály
- Čtyři kolečka
- Dvě brzdy

Možnost dokoupení následujícího příslušenství:

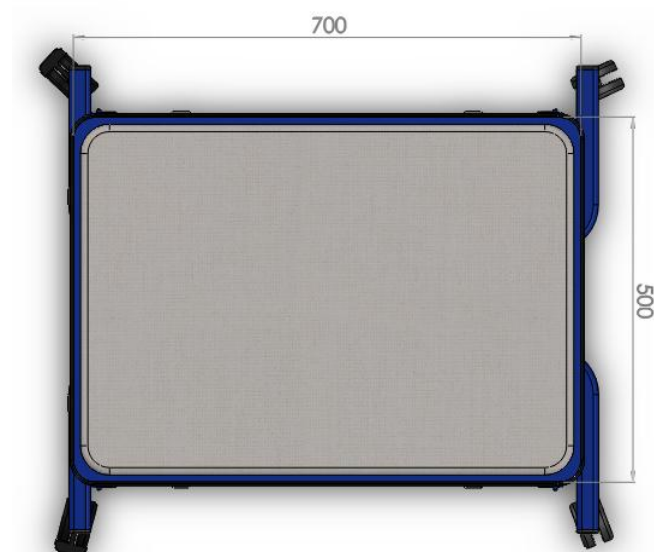
- Odnímatelný stojan
- Zásuvka s odkládací plochou
- Držák podpůrné plicní ventilace

Pro snadnou manipulaci při přemísťování má lůžko lehkou a jednoduchou konstrukci. Zdravotnický personál si může lůžko pomocí pedálů výškově přizpůsobit svým potřebám. Systém výškového nastavení je poháněn elektrickým motorem a umožňuje posun v rozsahu 350 mm. Ložná plocha lůžka tak může být nastavena do výšky 750 – 1100 mm nad zemí. Nastavení do nejnižší polohy je často využíváno maminkami, které si tak k lůžku mohou sednout a přitom pohodlně dosáhnou na své dítě.

S ohledem na charakteristiku intermediární péče a na požadavek nízké pořizovací ceny lůžka jsem do základních součástí nezahrnula tepelný zářič a světelný zdroj, ale lůžko jimi může být vybaveno bez zásadních technických změn. Na základě provedeného průzkumu a rozhovorů se zdravotnickými pracovníky jsem došla k závěru, že pro zajištění termoneutrálního prostředí dítěte v intermediární péči je dostatečným a vhodným způsobem vyhřívání zdola. Důvodem absence tepelného zářiče je také skutečnost, že jeho tepelné působení může zapříčinit zvýšené tzv. nepostřehnutelné ztráty vody nezralou kůží novorozence.

6.2 Popis jednotlivých částí

Polohovatelné lůžko



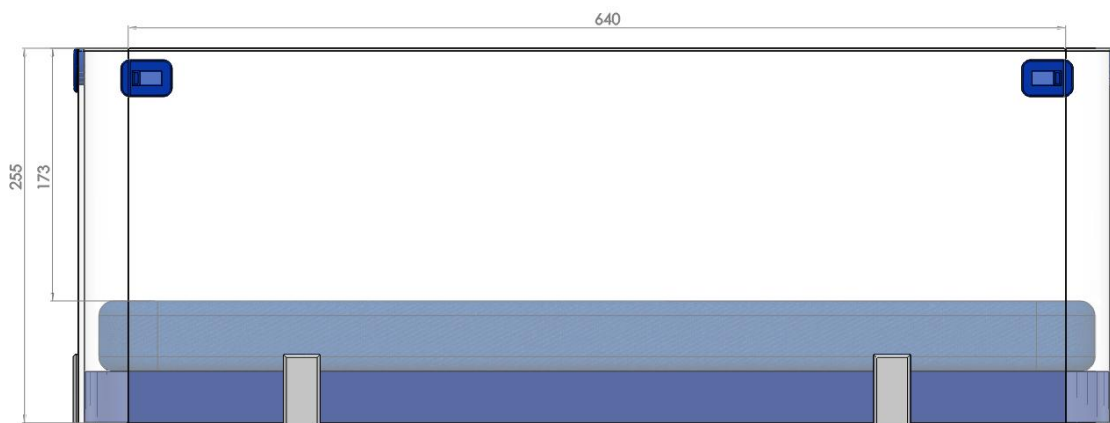
Obrázek 6.2 Rozměry ložné plochy lůžka

Rozměry polohovatelného lůžka jsou 700 mm × 500 mm. Vycházejí z obecných požadavků, které byly získány na základě průzkumu. Ložná plocha lůžka musí mít dostatečnou velikost pro možnost bezpečné manipulace s novorozencem během každodenního ošetřování. Velikost předčasně narozených dětí je závislá na hmotnosti a týdnu gestace v době porodu. Velikost ložné plochy se shoduje se standardy lůžek pro intermediární péči. Lůžko je vybaveno jednoduchým polohovacím mechanismem, díky němuž lze ložnou plochu nastavit do Trendelenburgerovy polohy, kdy je pacientova pánev nad úroveň hlavy, a obrácené Trendelenburgerovy polohy, kdy je vyzvednuta horní polovina těla. Plochu je možné polohovat v rozsah $\pm 20\%$. [21]

Integrované vyhřívání

Funkcí otevřeného vyhřívání lůžka je zajištění termoneutrálního prostředí pro novorozence. K tomuto účelu je lůžko vybaveno integrovaným spodním vyhříváním. Teplota je řízena pomocí servoregulátoru s tepelným snímačem umístěným na pokožce novorozence. Doporučený nastavitelný teplotní rozsah je 30° - 38°C. Teplota se vždy musí pohybovat v dovolených mezích. Pro případ překročení limitní teploty na povrchu těla novorozence je systém vybaven opticko-akustickým alarmem, který se spouští na ovládacím displeji.

Sklápěcí bočnice



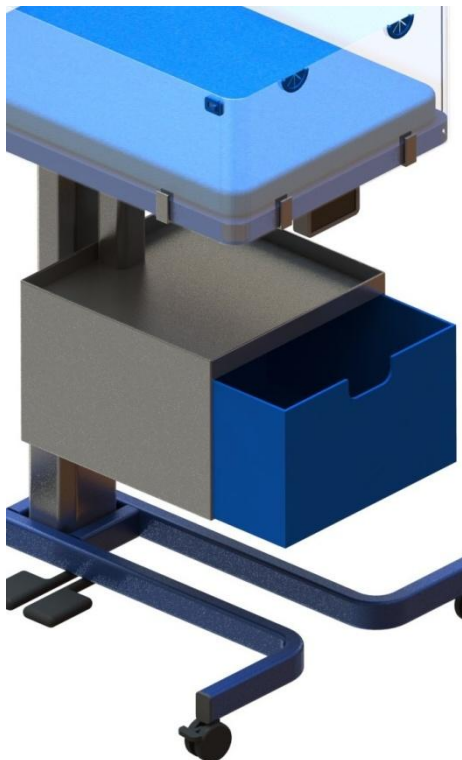
Obrázek 6.3 Postranní bočnice

Rozměry postranních bočnic jsou 640 mm × 255 mm. Pro návrh byly zvoleny bočnice sklápěcí. Ty podle respondentů průzkumu významně usnadňují manipulaci s novorozencem i s lůžkem samotným, například při přestýlání a dezinfekci. Bočnice jsou tvořeny plexisklem, které umožňuje maximální vizuální kontakt s pacientem. Přestože z průzkumu nevyplynula ideální výška bočnic, navrhuji výšku 255 mm. Kolmá vzdálenost horní hrany bočnice od povrchu matrace je 173 mm. Vhodná výška bočnic snižuje intenzitu proudění vzduchu kolem novorozence a tím přispívá k udržení termoneutrálního prostředí. Dále vysoké bočnice zajišťují bezpečné uložení novorozence. Bočnice jsou vybaveny silikonovými úchytkami pro vodiče teplotních a dalších snímačů, viz obrázek 6.4. Intermediární péče zpravidla zahrnuje minimálně monitoraci saturace krve kyslíkem SpO_2 a monitoraci tělesné teploty pacienta. Silikonová upevnění zajišťují bezpečné a stabilní uchycení vodičů. Dále jsou velice často využívány jako držák stetoskopu. Lékaři jeho kovovou část vkládají do patientského prostoru, kde je vyšší teplota. Pro novorozence je pak vyšetřování pomocí zahřátého stetoskopu méně stresující. Pro tento účel musí být průchodka vyrobena z odolné formy silikonu, aby nedocházelo k vylamování jeho jednotlivých dílů.



Obrázek 6.4 Úchytka pro vodiče

Zásuvka s odkládací plochou



Obrázek 6.5 Zásuvka s odkládací plochou

S ohledem na výsledek průzkumu jsem do volitelného příslušenství lůžka zahrnula zásuvku s odkládací plochou. Dostatek odkládacích ploch byl respondenty hodnocen velice kladně. Zásuvka je přichycena na spodní straně polohovatelného lůžka, pohybuje se tedy spolu s lůžkem. Toto technické řešení brání nechtěnému kontaktu odložených předmětů se spodní stranou lůžka během jeho polohování. Kolmá vzdálenost odkládací plochy od spodní strany ložné plochy je 280 mm.

Odnímatelný stojan

Výška odnímatelného stojanu je 900 mm. Lze snadno přimontovat k lůžku. Umožňuje zavěšení fototerapeutické jednotky nebo tepelného zářiče. Může sloužit také k upevnění držáku plicní ventilace a dalších systémů dle potřeb uživatelů.

Držák patientského okruhu podpůrného ventilačního systému Vapotherm

Vzhledem k potřebám využívání podpůrných ventilačních a CPAP systémů je součástí navrhovaného lůžka i držák patientského okruhu. Jeho návrhu a popisu je věnována následující kapitola 7.

7. Návrh držáku podpůrného ventilačního systému Vapotherm

Jedním ze základních předpokladů bezproblémového provozu systému plicní ventilace je zajištění průchodnosti patientského okruhu. Průzkumem bylo zjištěno, že v důsledku nevhodného technického řešení držáků patientského okruhu podpůrné plicní ventilace dochází k zalamování hadic. Tento příklad byl pozorován konkrétně u hadice systému Vapotherm. Vlivem zalomení dochází k přerušení dodávky ventilační směsi plynů k pacientovi, k omezení průtoku kolující kapaliny a spuštění alarmů. Pro pacienta i obsluhující zdravotnické pracovníky to znamená komplikace. Problematikou spouštění poplašných alarmů v důsledku zalamování hadice podpůrné ventilace jsem se zabývala ve výše uvedeném průzkumu, viz podkapitola 5.1. Většina respondentů se ve svých odpovědích shodla, že by odmítala používat systém, který zapříčiňuje poplašné alarmy. Cílem této části práce je návrh technického řešení držáku, který zajistí upevnění hadice systému Vapotherm k lůžku, jehož návrhem se zabývala kapitola 6.

7.1 Měření minimálního přípustného poloměru ohnutí

Pro vytvoření návrhu technického řešení držáku je třeba znát mezní poloměr, při kterém dochází k zalamování hadice. Cílem měření bylo zjistit tento mezní úhel.

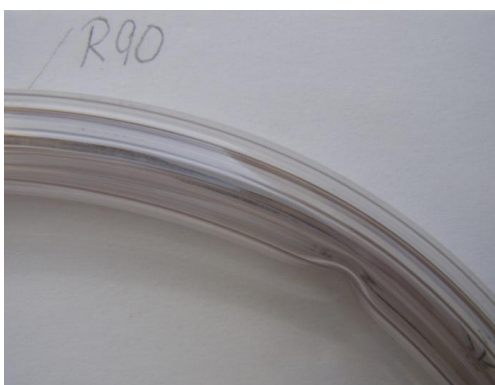
7.1.1 Průběh měření

Měření probíhalo při pokojové teplotě 20°C. Byla k němu použita originální trojlumenová hadice Vapotherm, viz obrázek 7.1. Při různých vnitřních poloměrech ohnutí byl sledován vznik zlomů, které zabraňují proudění ventilační směsi nebo kapaliny pro zajišťování optimální teploty směsi u pacienta.



Obrázek 7.1 Originální trojlumenová hadice Vapotherm

Nejprve jsem se zaměřila na určení **poloměru zalomení**, tzn. maximálního poloměru, při kterém se hadice zalomí do té míry, že je znatelně ovlivněn průtok kapaliny jejím lumenem. Velikost tohoto poloměru je závislá na míře plastické deformace materiálu v místě ohnutí. Čím větší je míra plastické deformace, tím větší je pak i poloměr, při kterém se hadice v tomto místě zalamuje. Určujícími jsou tedy poloměry získané na základě měření v místech plastické deformace. Podle výsledku měření je tento kritický poloměr 90 mm. V důsledku zalomení zobrazeném na obrázku 7.2 dojde k omezení průtoku kolující kapaliny a ke zvýšení hydrostatického tlaku, což vede ke spuštění alarmu.



Obrázek 7.2 Zalomení v místě plastické deformace při poloměru ohnutí 90 mm

Zaměřila jsem se především na určení **mezního poloměru**, tzn. minimálního možného poloměru, při kterém ještě nedojde k významnému zalomení hadice. Podle měření je mezí poloměr v rozmezí 90 - 100 mm. Jak je vidět na obrázku 7.3, dojde pouze k mírnému zalomení, které významně neovlivní průtok kolující kapaliny.



Obrázek 7.3 Zalomení v místě plastické deformace při poloměru ohnutí 100 mm

Dále jsem se zaměřila na určení **poloměru plastické deformace**, tj. poloměr, při kterém vznikají nové plastické deformace. Hadici jsem postupně upevnila v poloze s poloměry 80 mm a 70 mm. V místě ohnutí s poloměrem 70 mm byla po 60 minutách patrná změna kvality materiálu, viz obrázek 7.4. Došlo k překročení meze pružnosti a ke vzniku nevratné plastické deformace. Takto poškozená místa se během dalších ohýbání snáze zalamují. Nejčastější příčinou deformace je absence či nesprávné technické řešení držáku.



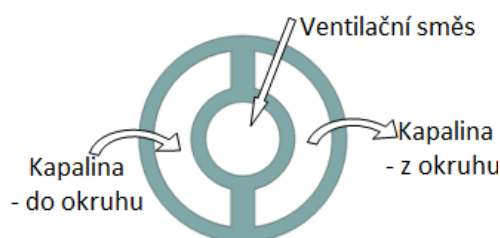
Obrázek 7.4 Vlevo po upevnění hadice do polohy, vpravo po uplynutí 60 minut

7.1.2 Závěr měření

Z výsledků měření vyplývá, že k zalomení hadice může dojít již při ohnutí s poloměrem pohybujícím se v rozmezí 90 - 100 mm. Pro větší přesnost měření by bylo třeba simulovat fyzikální podmínky hadice za provozu systému, avšak pro návrh úchytného systému je provedené měření dostatečné. Při hodnocení míry zalomení je tedy nutné brát v úvahu vliv kolující kapaliny na pevnost hadice. Můžeme předpokládat, že pro hadici systému VapoTherm v provozu bude mezní poloměr menší. Technické řešení držáku by mělo uživateli znemožnit uvést držák do polohy s poloměrem menším, než je mezní poloměr 100 mm. Dále byl určen poloměr, při kterém vznikají nové plastické deformace. Tento poloměr je 70 mm. Při upnutí hadice do držáku by k novým deformacím docházek nemělo. Je třeba také zamezit zalamování v důsledku neopatrné manipulace a dbát na správné skladování hadic.

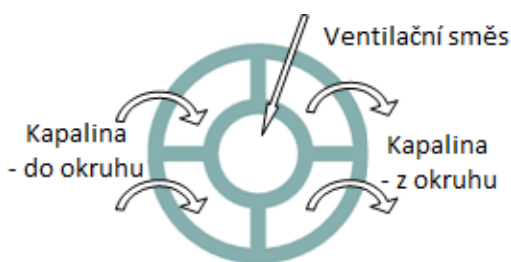
7.1.3 Návrh řešení problematiky zalamování hadice Vapootherm

Možným řešením problematiky zalamování hadice Vapootherm by mohla být změna její konstrukce. Jak je vidět na obrázku 7.5, vnější lumen hadice je rozdělen na dvě části, díky čemuž může kapalina ve vnějším lumenu kolovat. Přepážky jsou orientovány v jedné rovině a tvoří vyztužení. Důsledkem je zvýšená tuhost hadice v této rovině. K zalamování hadice tedy dochází výhradně v rovině na tuto rovinu kolmé.



Obrázek 7.5 Průřez hadice Vapootherm

Doplněním přepážek kolmých na přepážky stávající by se zmenšily rozdíly tuhosti v ohybu v různých rovinách. Zvýšení tuhosti by vedlo ke zvýšení odolnosti hadice proti zalomení. U tohoto řešení je vnější lumen hadice rozdělen přepážkami na čtyři části, viz obrázek 7.6. Dvěma prochází kapalina směrem do okruhu a dvěma zpátky. Pro spojení dvou odpovídajících částí lumenu lze použít upravené koncovky hadice. Před dalším řešením návrhu by bylo třeba zhodnotit několik důsledků tohoto řešení. Navržené provedení může být ekonomicky více náročné. Dále by bylo třeba optimalizovat tloušťku přepážek, aby nedošlo k příliš velké změně charakteristik hadice.



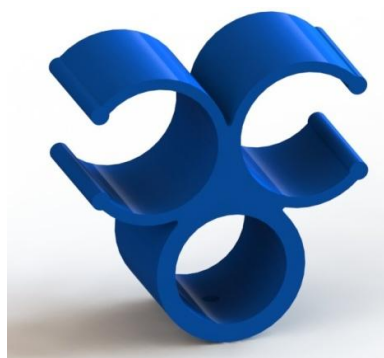
Obrázek 7.6 Návrh změny průřezu hadice Vapootherm

7.2 Návrh technického řešení držáku



Obrázek 7.7 Návrh držáku hadice VapoTherm

Navržený držák zajišťuje stabilní a snadno polohovatelné upevnění hadice VapoTherm pomocí tří bodů. Minimálním nastavitelným poloměrem ohnutí je 100 mm. Od tohoto poloměru směrem k vyšším poloměrům lze držák libovolně nastavovat. V důsledku omezení se předejde zalamování hadice a následnému spouštění alarmů.



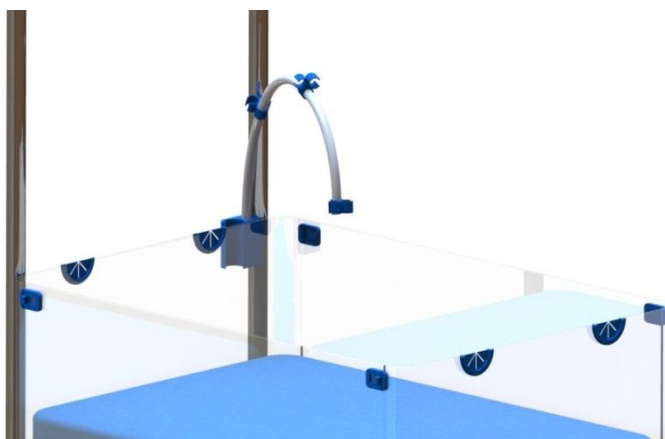
Obrázek 7.8 Plastová úchytka hadice

Plastová úchytka zajišťuje stabilní přichycení hadice k držáku. S ohledem na změřený vnější průměr hadice VapoTherm (13,4 mm) je vnitřní průměr úchytky 13,7 mm. Podle potřeby je možné vést hadici po obou stranách těla držáku.

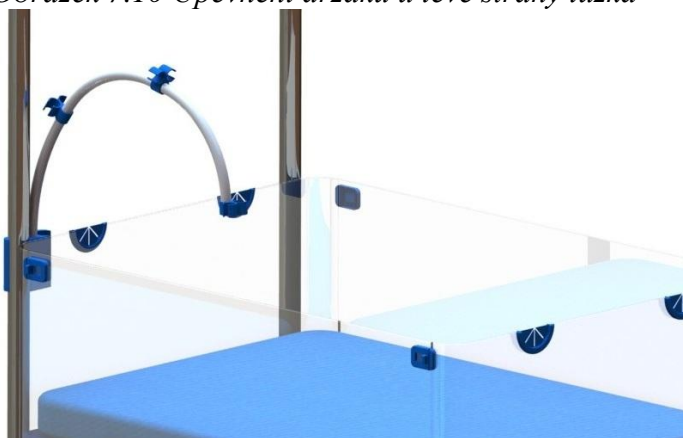


Obrázek 7.9 Upevnění držáku

Plastové upevnění zajišťuje spojení mezi tělem držáku a stojanem lůžka. Upevnění držáku je univerzální, dle potřeby lze připevnit u pravé či levé strany lůžka. Pohyblivé spojení s tělem držáku umožňuje optimální nastavení v blízkosti pacienta. Pro maximální spolehlivost je třeba upevnění vyrobit z pevného a nesnadno opotřebovatelného materiálu, jehož podrobná specifikace není předmětem návrhu.



Obrázek 7.10 Upevnění držáku u levé strany lůžka



Obrázek 7.11 Upevnění držáku u pravé strany lůžka

8. Diskuze návrhu technického řešení lůžka a jeho součástí

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit návrh otevřeného patientského lůžka určeného pro zajištění neonatologické intermediární péče. V průběhu řešení práce jsem zjistila technické nedostatky lůžek, které negativním způsobem ovlivňují provoz intermediárního pracoviště. Hlavním účelem návrhu bylo eliminovat tyto nedostatky a vyhovět obecným požadavkům na lůžka intermediární péče s ohledem na ekonomickou stránku.

Nejdůležitější funkcí otevřených vyhřívaných lůžek je udržení stálé tělesné teploty novorozence. Navržené lůžko toho dosahuje pomocí integrovaného spodního vyhřívání a poměrně vysokých bočnic, které snižují intenzitu proudění vzduchu kolem pacienta. Lze říci, že pro vysoké procento novorozenců v intermediární péči je toto řešení ideálním způsobem pro zajištění stálé tělesné teploty. V závislosti na zvyklostech jednotlivých pracovišť mohou být na odděleních intermediární péče hospitalizováni i novorozenci se závažnou poruchou termoregulace. Navržené lůžko není uzpůsobeno pro zajištění péče o tyto novorozence. O jeho vhodnosti by se dalo uvažovat v případě doplnění lůžka o tepelný zajiř.

Dalším z požadavků na lůžko bylo zajištění dobrého přístupu k novorozenci během ošetřování. To umožňují sklápěcí bočnice, které tak významně usnadňují práci zdravotnických pracovníků. Sklápěcí bočnice jsou vybaveny úchytkami pro vodiče, které mají více možností využití. Primárně jsou určeny pro bezpečné uchycení vodičů teplotních a dalších senzorů. Po doplnění lůžka o závěsné víko mohou sloužit také jako průchodky. V neposlední řadě jsou vhodné pro zavěšení stetoskopu. V případě nežádoucího zvýšení nákladů na výrobu lůžka lze úchytky z návrhu jednoduše vypustit. Vzhledem k možnostem využití zmíněných výše, jsem ale úchytky do základních součástí lůžka zahrnula. Dobrý přístup k novorozenci zajišťuje také systém výškového nastavení, který umožňuje posuv v rozsahu 350 mm. Ložná plocha tak může být umístěna 750 – 1100 mm nad zemí. Jak bylo uvedeno v kapitole 6, nastavení do nejnižší polohy ocení především maminky hospitalizovaných novorozenců, které i vsedě pohodlně dosáhnou na své dítě.

Dále jsem ve svém návrhu zohlednila požadavek na snadnou manipulaci při přemísťování lůžka. Pro tento účel má lůžko jednoduchou a lehkou konstrukci a je vybaveno čtyřmi kolečky, z nichž dvě je možno zabrzdit.

Lůžko může být vybaveno odnímatelným stojanem, který slouží pro upevnění terapeutických přístrojů, například fototerapeutické lampy, tepelného zářiče a držáků podpůrné plicní ventilace. Jsou tedy splněny požadavky na jednoduché doplnění lůžka o terapeutické přístroje používané v neonatologické intermediární péči. Příslušenstvím lůžka je i zásuvka s odkládací plochou, která je pevně připevněna ke spodní straně lůžka. Díky tomu nemůže dojít k nežádoucímu kontaktu odložených předmětů se spodní stranou lůžka při jeho polohování. Po uvedení lůžka do nejnižší polohy zůstává bezpečný prostor mezi podvozkem a spodní stranou odkládací plochy.

Výsledek průzkumu poukázal na závažnost problematiky spouštění poplašných alarmů v důsledku zalamování hadice systému podpůrné plicní ventilace Vapotherm. Hlavní myšlenkou návrhu polohovatelného držáku patientského okruhu je zamezit ohnutí hadice pod mezní poloměr 100 mm. Toho lze docílit výběrem vhodného materiálu, jehož podrobná specifikace je nad rámec této bakalářské práce. Přichycení patientského okruhu k držáku je řešeno pomocí třech plastových úchytek. Ty zajišťují stabilní upevnění hadice a zároveň nebrání jejímu polohování. Konstrukce úchytek umožňuje vést hadici po obou stranách těla držáku, to spolu s polohovatelností těla držáku a pohyblivém spojení mezi tělem a upevněním umožňuje nastavení do požadované polohy. Nevýhodou návrhu upevnění držáku může být jeho poloha umístění na stojanu. V jejím důsledku může být ztížena manipulace s upevněním v případě umístění lůžka čelně těsně ke stěně. Předpokládá se ale, že k manipulaci s upevněním bude docházet pouze v případě přemístění lůžka, kdy bude třeba přivést patientský okruh systému Vapotherm z druhé strany lůžka. Držák byl konkrétně navržen pro lůžko, kterým se zabývá kapitola 6. Možností dalšího rozšíření práce by mohl být návrh držáku, jehož upevnění by bylo univerzální i pro další typy lůžek.

9. Závěr

V rámci řešení své bakalářské práce jsem vytvořila návrh otevřeného vyhřívaného lůžka, které je určeno pro zajištění neonatologické intermediární péči.

Před vlastní tvorbou návrhu jsem pomocí termokamery zmapovala a porovnála teplotní pole tří lůžek s různým typem bočnic. Dále jsem provedla průzkum používaných lůžek. Z průzkumu vypluly obecné požadavky na lůžka intermediární péče, ale také technické nedostatky lůžek, které negativním způsobem ovlivňují provoz intermediárního pracoviště. Snažila jsem se vytvořit návrh, který by eliminoval tyto nedostatky a zároveň co nejvíce vyhovoval všem požadavkům s hlavním ohledem na zajištění kvalitní intermediární péče. Stěžejním zdrojem informací mi byly připomínky zdravotních sester, které s těmito lůžky pracují. Při návrhu byl zohledněn také požadavek na nízkou pořizovací cenu a vyrobitelnost jednotlivých částí.

Výstupem práce je také návrh držáku patientského okruhu systému podpůrné plicní ventilace VapoTherm. Hlavním účelem návrhu technického řešení je zamezit zalamování hadice a tím i spouštění poplašných alarmů. Držák lze připevnit ke stojanu navrženého lůžka. Výsledný návrh pak umožňuje bezproblémový provoz systému VapoTherm.

Citovaná literatura

1. **FENDRYCHOVÁ, J. a Borek, I.** *Intenzivní péče o novorozence*. 1. vydání.
Brno : Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2007.
str. 403. ISBN 978-80-7013-447-4.
2. Ošetrovatelská péče o nezralého novorozence. *Sestra*. 2007, 3.
3. **RUBÍN, A. a kolektiv, a.** *Péče o ohroženého novorozence*. 2.
Praha : Univerzita Karlova, 1982. str. 136.
4. **MUNTAU, A.** *Pediatric*. 1. české vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009.
ISBN 978-80-247-2525-3.
5. Revidováno MUDr. Ivanou Vrbovou. březen 2012.
6. **DORT, J. a TOBRMANOVÁ, H.** Doporučené postupy České neonatologické společnosti. *Hyperbilirubinémie novorozence*.
7. *Problematika novorozeneckého ikteru po propuštění do domácí péče*. **ČERNÁ, M.**
Olomouc : Kongres pediatriů a dětských sester, 2011. *Pediatric pro praxi*. Sv. 12
(Suppl. A).
8. **JANDOVÁ, D.** *Balneologie*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009.
ISBN 978-80-247-2820-9.
9. Konzultace s Ing. Petrem Kudrnou. březen 2012.
10. **ESQUINAS, A.** *Noninvasive Mechanical Ventilation*. Heidelberg : Springer, 2010.
ISBN 978-3-642-11364-2.
11. Vapotherm vysokoprůtokový nasální terapeutický systém. [Online] Dartin.
[Citace: 9. únor 2012.] Dostupný z WWW:
<http://www.dartin.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=48:vapotherm-high-flow-nasalni-terapeuticky-system&catid=908:vapotherm-vysokoprutokova-terapie&Itemid=26>.
12. Vapotherm. [Online] [Citace: 9. únor 2012.]
Dostupný z WWW:<<http://www.vtherm.com/default.asp>>.

13. NICU equipment. *Miracle walk*. [Online] [Citace: 12. únor 2012.]
Dostupný z WWW:
<<http://www.miraclewalk.com/site/PageServer?pagename=NICUEquipment>>.
14. **MATHESIUS, V.** Léčba hyperbilirubinémie novorozenců modrým světlem.
Praha : Avicenum, 1979.
15. **MÍČEK, P.** Nejnovější poznatky o specifických účincích různých druhů elektromagnetického záření na živé organismy. *Bakalářská práce*. Brno : Masarykova univerzita, 2007.
16. Vyhřívání lůžka. *Alfamedic*. [Online] [Citace: 20. únor 2012.]
Dostupný z WWW:< <http://www.alfamedic.cz/LN91c.htm>>.
17. Infant radiant warmers. *Evaluation*. Dundonald : Medical devices agency, 1994.
18. Babytherm 8000/8010. *Dräger*. [Online] [Citace: 20. únor 2012.] Dostupný z
WWW:<http://www.draeger.com/CZ/cs/products/neonatal_care/neonatal_open_care/neo_Babytherm.jsp>.
19. ČSN EN 60601-1-1 ed. 2. *Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1-1: Všeobecné požadavky na bezpečnost*. místo neznámé : Český normalizační institut, 2002.
20. ČSN EN 60601-2-38. *Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2-38: Zvláštní požadavky na bezpečnost elektrických nemocničních lůžek*. 1998.
21. Trendelenburgova poloha. [Online] WikiSkripta. [Citace: 10. březen 2012.]
Dostupný z WWW:
<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Trendelenburgova_poloha>.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Ústav zdravotnických studií

**NÁVRH OTEVŘENÉHO PACIENTSKÉHO LŮŽKA PRO
ODDĚLENÍ INTERMEDIÁRNÍ PÉČE**

**DESIGN PROPOSAL OF AN OPEN INFANT BED FOR
INTERMADIARY CARE**

Přílohy k bakalářské práci

Autor:

Šárka Davidíková

Příloha 1: Dotazník

Průzkum otevřených vyhřívaných lůžek pro novorozence

Dobrý den, jsem studentkou oboru Biomedicínská technika na Technické univerzitě v Liberci. V rámci své bakalářské práce hodnotím technické nedostatky lůžek pro neonatologickou intermediární péči. Ráda bych Vás požádala o vyplnění následujícího dotazníku, který se zabývá problematikou těchto lůžek. Jedná se především o otázky manipulace s lůžkem, přístupu k pacientovi a zajištění kvalitní zdravotní péče a komfortu pacienta. Na základě Vašich odpovědí bude navrženo lůžko, které by nemělo mít nedostatky lůžek stávajících.

Pokud máte na Vašem oddělení více typů lůžek pro intermediární péči, prosím o vyplnění dotazníku pro každý typ zvlášť.

Předem Vám velice děkuji.

Šárka Davidíková

studentka 3. ročníku BMT

1. Pracujete s otevřeným vyhřívaným lůžkem pro novorozence?

- Ano
- Ne (*konec dotazníku*)

2. Uved'te prosím typ a výrobce lůžka, se kterým pracujete.

.....

3. Na jakém oddělení neonatologie pracujete?

.....

4. Má toto lůžko ideální velikost pro novorozence?

- ☐ Ano
- ☐ Lůžko je spíše menší
- ☐ Lůžko je spíše větší
- ☐ Lůžko má nevyhovující velikost

5. Souhlasíte s tvrzením: "Lůžko jako celek nezabere zbytečně moc místa."?

- ☐ Souhlasím
- ☐ Spíše souhlasím
- ☐ Nedokážu posoudit
- ☐ Spíše nesouhlasím
- ☐ Nesouhlasím

6. Má lůžko odkládací plochu?

- Ano
- Ne *(pokračování otázkou číslo 9)*

7. Využíváte při práci tuto odkládací plochu?

- Ano
- Ne *(pokračování otázkou číslo 9)*

8. Co zde odkládáte?

.....

.....

9. Je lůžko vybaveno sklápěcími bočnicemi?

- Ano
- Ne (*pokračování otázkou číslo 13*)

10. Jak často využíváte funkci sklápění bočnic?

- Vícekrát za den
- Maximálně 5x denně
- Maximálně 1x denně
- Méně

11. Souhlasíte s tvrzením: "Funkce sklápění bočnic výrazně usnadňuje manipulaci s novorozencem."?

- Souhlasím
- Spíše souhlasím
- Nedokážu posoudit
- Spíše nesouhlasím
- Nesouhlasím

12. Při jakých výkonech bočnice sklápíte?

.....

.....

13. Mají bočnice vhodnou výšku s ohledem na tepelný komfort pacienta?

- ☐ Jsou nízké
- ☐ Jsou spíše nižší
- ☐ Mají vhodnou výšku
- ☐ Jsou zbytečně vysoké
- ☐ Nedokážu posoudit

14. Souhlasíte s tvrzením: "Novorozenec je v tomto typu lůžka klidný."?

- ☐ Souhlasím
- ☐ Spíše souhlasím
- ☐ Nedokážu posoudit
- ☐ Spíše nesouhlasím
- ☐ Nesouhlasím

15. Který z následujících tepelných zdrojů má lůžko?

- Vestavěné vyhřívání (*pokračování otázkou číslo 17*)
- Výchřevná podložka
- Tepelný zářič (*pokračování otázkou číslo 17*)
- Vestavěné vyhřívání + tepelný zářič (*pokračování otázkou číslo 17*)

16. Odpovídá velikost podložky velikosti lůžka?

- ☐ Ano
- ☐ Ne

17. Je tento způsob vyhřívání pro udržení stálé tělesné teploty novorozence ideální?

- ☐ Souhlasím
- ☐ Spíše souhlasím
- ☐ Nevím
- ☐ Spíše nesouhlasím
- ☐ Nesouhlasím

18. Používáte u tohoto typu lůžka systém podpůrné plicní ventilace (CPAP nebo podobné podpůrné ventilační systémy, např. Vapotherm atd.)?

- Ano
- Ne (*pokračování otázkou číslo 24*)

19. Jaký systém podpůrné plicní ventilace používáte?

.....

.....

20. Je hadice podpůrné plicní ventilace uchycena držákem?

- Ano
- Ne *(pokračování otázkou číslo 25)*

21. Jaké je technické řešení držáku?

- Kovový držák tvořící oporu
- Plastový držák tvořící oporu
- Jiné

.....

.....

22. Dochází k zalamování hadice a následným poplašným alarmům, které mohou mít příčinu v nevhodné technické konstrukci držáku?

- Ano
- Ne
- Nevím

23. Kolika úchytnými body je hadice systému přichycena k držáku?

- Jedním
- Dvěma
- Třemi

24. Odmítl/a byste používat systém podpůrné plicní ventilace, který často zapříčiňuje falešné alarmy?

- ☐ Ano
- ☐ Ne

25. Lze lůžko přidáním dalšího dílu přetvořit na inkubátor?

- Ano
- Ne (*pokračování otázkou číslo 27*)

26. Využíváte tuto funkci?

- ☐ Ano
- ☐ Ne

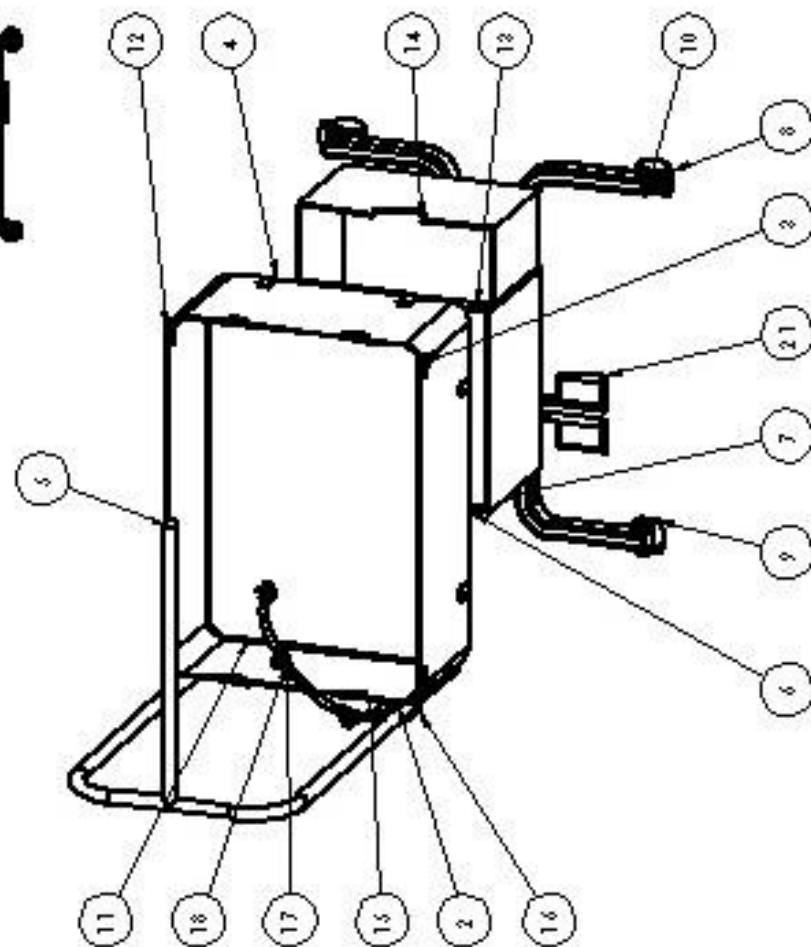
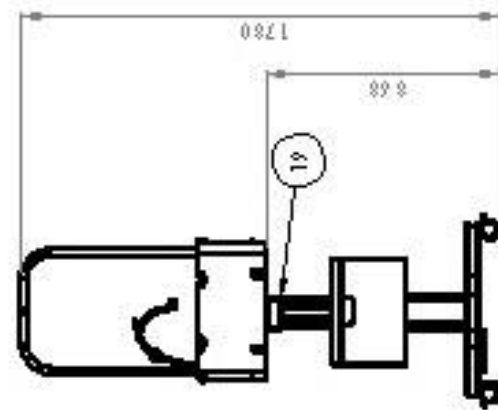
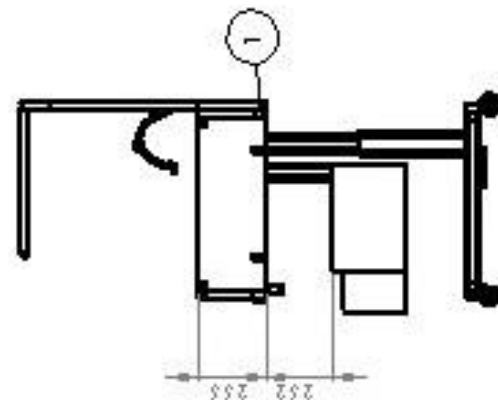
27. Prosím uveďte další výhody a nevýhody, které má toto lůžko.

.....

.....

.....

.....

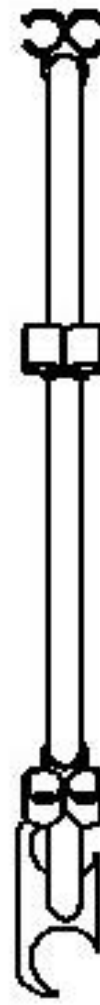
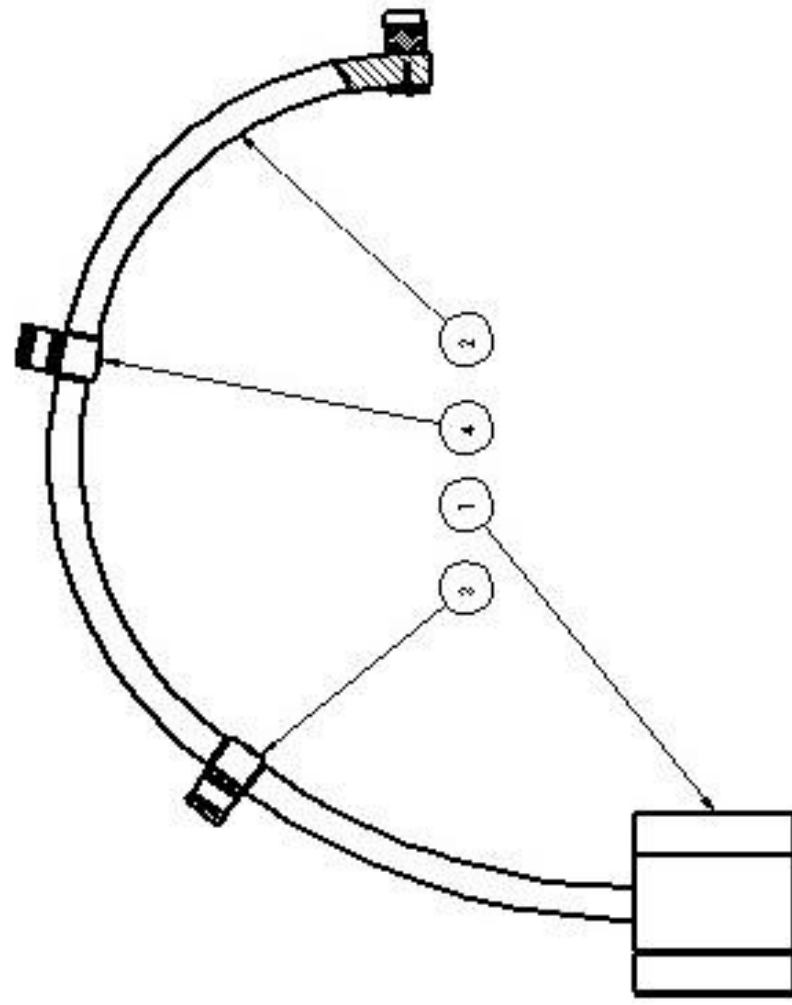


Č. POLOŽKY	NÁZEV DÍLU	MNOŽSTVÍ
1	Kostra lůžka	1
2	Bočnice příčná	2
3	Bočnice podélná	2
4	Pant	6
5	Stojan	1
6	Sloup	1
7	Podvozek	1
8	Kolečko s brzdou	2
9	Kolečko bez brzdy	2
10	Záslepka	4
11	Matrace	1
12	Zajištění bočnice	4
13	Odkládací plocha	1
14	Zásuvka	1
15	Upevnění vodičů	4
16	Upevnění držáku	1
17	Řešlo držáku	1
18	Uchytka hadice	2
19	Kameček displeje	1
20	Displej	1
21	Pedál	2

NÁZEV DÍLU				MNOŽSTVÍ			
Č. POLOŽKY	NÁZEV DÍLU	MNOŽSTVÍ	Č. POLOŽKY	NÁZEV DÍLU	MNOŽSTVÍ	Č. POLOŽKY	NÁZEV DÍLU
1	Kostra lůžka	1	1	Kostra lůžka	1	1	Kostra lůžka
2	Bočnice příčná	2	2	Bočnice příčná	2	2	Bočnice příčná
3	Bočnice podélná	2	3	Bočnice podélná	2	3	Bočnice podélná
4	Pant	6	4	Pant	6	4	Pant
5	Stojan	1	5	Stojan	1	5	Stojan
6	Sloup	1	6	Sloup	1	6	Sloup
7	Podvozek	1	7	Podvozek	1	7	Podvozek
8	Kolečko s brzdou	2	8	Kolečko s brzdou	2	8	Kolečko s brzdou
9	Kolečko bez brzdy	2	9	Kolečko bez brzdy	2	9	Kolečko bez brzdy
10	Záslepka	4	10	Záslepka	4	10	Záslepka
11	Matrace	1	11	Matrace	1	11	Matrace
12	Zajištění bočnice	4	12	Zajištění bočnice	4	12	Zajištění bočnice
13	Odkládací plocha	1	13	Odkládací plocha	1	13	Odkládací plocha
14	Zásuvka	1	14	Zásuvka	1	14	Zásuvka
15	Upevnění vodičů	4	15	Upevnění vodičů	4	15	Upevnění vodičů
16	Upevnění držáku	1	16	Upevnění držáku	1	16	Upevnění držáku
17	Řešlo držáku	1	17	Řešlo držáku	1	17	Řešlo držáku
18	Uchytka hadice	2	18	Uchytka hadice	2	18	Uchytka hadice
19	Kameček displeje	1	19	Kameček displeje	1	19	Kameček displeje
20	Displej	1	20	Displej	1	20	Displej
21	Pedál	2	21	Pedál	2	21	Pedál

LŮŽKO

PŘÍLOHA Č.2 A3



Č. POLOŽKY	NÁZEV DÍLU	MIN OŽSTVÍ
1	Upevnění drátů	1
2	Tělo drátů	1
3	Ochytka hadice	3
4	Šroub M16	3

[illegible]

